

**MODEL STOKASTIK *HYBRID FUZZY* MULTITAHAP
RANTAI PASOK BALIK AGROINDUSTRI HERBAL
BERBASIS KONTRAK ADAPTIF**

ASTER ARYATI RAKHMASARI



**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Model Stokastik *Hybrid Fuzzy* Multitahap Rantai Pasok Balik Agroindustri Herbal Berbasis Kontrak Adaptif” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Februari 2022

Aster Aryati Rakhmasari
NIM F361160091

RINGKASAN

ASTER ARYATI RAKHMASARI. “Model Stokastik *Hybrid Fuzzy* Multitahap Rantai Pasok Balik Agroindustri Herbal Berbasis Kontrak Adaptif”. Dibimbing oleh TAUFIK DJATNA, ONO SUPARNO, dan MEIKA SYAHBANA RUSLI.

Indonesia memiliki berjuta ragam tanaman obat yang berpotensi dikembangkan untuk menambah nilai industri obat berbahan herbal (Jamu, Obat Herbal Terstandar/OHT, dan Fitofarmaka) yang jauh lebih besar dibanding negara lain. Sebagai negara yang memiliki tidak kurang dari 30.000 spesies tumbuhan maupun sumber daya laut menjadikan Indonesia sebagai negara pengekspor produk obat herbal terbesar di dunia. Namun faktanya, sekitar 9.600 spesies tanaman dan hewan yang diketahui memiliki khasiat obat belum dimanfaatkan secara optimal sebagai obat herbal.

Agroindustri herbal didefinisikan sebagai kegiatan yang memanfaatkan hasil pertanian berupa tanaman atau tumbuhan yang mempunyai kegunaan atau nilai lebih dalam pengobatan sebagai bahan baku, merancang dan menyediakan peralatan serta jasa untuk kegiatan tersebut. Herbal merupakan salah satu komoditas yang memiliki peluang strategis dan daya saing. Agroindustri herbal telah menjadi wujud nyata ekonomi kerakyatan yang terbukti tahan uji dalam krisis ekonomi global. Pertumbuhan kinerja produk herbal di Indonesia tumbuh subur sejak Tahun 2011 dan terus menunjukkan tren kenaikan yaitu sebesar rata-rata 13%-15% per tahun sebagai respon permintaan konsumen akan produk yang hadir dari alam. Dari segi pangsa pasar, obat herbal terus berkembang. Jika pada tahun 2003 mencapai 10% selanjutnya tumbuh menjadi 16% pada tahun 2010, pada tahun 2017 pangsa pasar herbal mencapai 25% dari keseluruhan performa industri farmasi. Disamping menyehatkan rakyat, tanaman herbal di Indonesia juga mampu mengurangi ketergantungan bahan baku industri farmasi yang 95% masih impor.

Meskipun ketersediaan bahan alam yang melimpah serta minat masyarakat terhadap produk herbal makin meningkat, hal ini tidak serta merta diikuti dengan laju penjualan produk herbal yang signifikan. Hal tersebut disebabkan karena daya saing produk herbal di pasaran masih kalah dibandingkan dengan produk substitusi yaitu produk non herbal di pasaran yang dipatok dengan harga yang lebih murah dan kualitas yang lebih baik, seperti produk-produk kimia yang diimpor dari luar negeri. Disamping permasalahan harga, faktor lain sebagai penghambat laju pertumbuhan agroindustri herbal adalah berbagai faktor ketidakpastian baik dalam pasokan bahan baku, produksi, maupun distribusi yang dipengaruhi oleh faktor cuaca dan maraknya produk-produk kimia sebagai produk substitusi produk herbal akibat dari pesatnya perkembangan teknologi pengolahan dalam industri kimia menyebabkan terjadinya gap antara jumlah pasokan dengan jumlah penjualan produk herbal. Ketidaksesuaian antara pasokan dan permintaan produk menjadikan baik dari sisi kuantitas maupun kualitas menjadikan kinerja rantai pasok herbal menjadi kurang optimal.

Penelitian ini bertujuan untuk menjawab berbagai tantangan rantai pasok herbal yang meliputi permasalahan efisiensi untuk peningkatan daya saing, efektivitas dalam penyesuaian antara pasokan dan permintaan yang dipengaruhi berbagai faktor ketidakpastian, yaitu dengan membangun 1) model proses bisnis

rantai pasok balik multistage agroindustri herbal, 2) model formulasi stokastik *hybrid fuzzy* rantai pasok balik multistage agroindustri herbal, serta melengkapinya dengan 3) model kontrak adaptif rantai pasok balik multistage agroindustri herbal. Adapun alat yang digunakan meliputi BPMN 2.0 (*Business Process Model and Notation*) untuk perancangan model proses bisnis, perangkat lunak NetBeans IDE (*Integrated Development Environment*) dengan bahasa pemrograman Java untuk model optimasi rantai pasok, dan aplikasi excel untuk model kontrak adaptif.

Model proses bisnis multistage agroindustri herbal yang dihasilkan meliputi proses bisnis aliran produk berupa material dari pemasok (tahap pertama) dialirkan ke pabrik (tahap kedua) di mana di dalam pabrik terjadi proses produksi yaitu *forward logistics* dilengkapi dengan *reverse logistics*. *Forward logistics* meliputi produksi utama dengan bahan baku utama dari pemasok sedangkan *reverse logistics* meliputi produksi sekunder dengan bahan baku dari sisa produksi utama serta produksi tersier dengan bahan baku dari pengembalian produk dari konsumen. Proses distribusi (tahap ketiga) meliputi proses *forward logistics* yaitu aliran produk jadi dari pabrik ke konsumen serta proses *reverse logistics* yaitu aliran produk pengembalian dari konsumen ke pabrik. Faktor ketidakpastian yang terjadi meliputi ketidakpastian baik yang bersifat stokastik maupun *fuzzy* seperti ongkos bahan baku, preferensi pemilihan pemasok bahan baku, yang terjadi pada tahap kesatu. Ketidakpastian pada tahap kedua meliputi proses produksi dalam hal rendemen, susut, kualitas limbah dan produk *reverse*. Ketidakpastian lainnya juga terjadi pada tahap ketiga yaitu ongkos transportasi/distribusi, serta permintaan pasar terhadap produk herbal.

Model formulasi optimasi rantai pasok balik multistage agroindustri herbal dibangun dengan mempertimbangkan multiparameter ketidakpastian yaitu ketidakpastian stokastik/pelebaran kejadian, ketidakpastian *fuzzy* serta perubahan dinamis periode markov, di mana keputusan pada setiap tahap dipengaruhi oleh tahap lainnya dalam suatu fungsi *recursive* dari periode ke periode waktu operasi, sehingga model ini dinamakan model stokastik *hybrid fuzzy* rantai pasok multistage agroindustri herbal. Hasil model formulasi ini terbagi ke dalam tiga tahap. Tahap kesatu yaitu jumlah/kuantitas dan kualitas optimal bahan baku yang digunakan dari pemasok dengan memperhitungkan hasil *recursive* defuzzifikasi kualitas limbah dan produk *reverse* dari tahap dua, serta total ongkos pengadaan bahan baku yaitu sebesar Rp. 38.210.687,- beserta rinciannya untuk setiap periode. Pada tahap kedua dihasilkan perkiraan jumlah bahan baku dari sisa produksi utama (limbah), jumlah bahan baku dari pengembalian produk (*reverse*), jumlah produk utama, jumlah produk sekunder, jumlah produk tersier, yang didasarkan pada pengembangan model permintaan produk dari hasil fungsi *recursive* yang diperoleh dari tahap ketiga serta total ongkos produksi (total ongkos tahap kedua) yaitu sebesar Rp. 998.842.655,- beserta rinciannya untuk setiap periode. Tahap ketiga dihasilkan jumlah produk yang didistribusikan ke konsumen beserta ongkos total transportasi/distribusi meliputi ongkos transportasi produk ke distributor, transportasi produk ke konsumen dan transportasi *reverse* ke pabrik (total ongkos tahap ketiga) yaitu sebesar Rp.31.231.902,- beserta rinciannya. Dengan model stokastik hibrid *fuzzy* multistage (*SHFM*) yang mengakomodir berbagai faktor ketidakpastian, penentuan perkiraan jumlah permintaan dan jumlah pasokan dapat diidentifikasi dengan lebih efektif dan efisien.

Model kontrak adaptif multistage agroindustri herbal dibangun sebagai tindak lanjut dari perolehan hasil optimasi model formulasi stokastik hibrid fuzzy multistage agroindustri herbal. Hasil optimasi digunakan untuk menetapkan variabel awal kontrak. Melalui kesepakatan yang tertuang dalam kontrak didasarkan pada kesamaan informasi antara pelaku kontrak serta model kontrak yang bersifat adaptif yaitu variabel kontrak bersifat adaptif mengikuti perkembangan bisnis yang terjadi di pasar secara aktual. Dengan demikian diharapkan kesepakatan tetap berjalan sehingga dapat meningkatkan kinerja rantai pasok.

Kata kunci: Agroindustri herbal, kontrak adaptif, model rantai pasok multistage, rantai pasok balik, model stokastik *hybrid fuzzy*.

SUMMARY

ASTER ARYATI RAKHMASARI. Multistage Fuzzy Hybrid-Stochastic Model of Reverse Supply Chain of Herbal Agroindustry Based on Adaptive Contract. Supervised by TAUFIK DJATNA, ONO SUPARNO, and MEIKA SYAHBANA RUSLI.

Indonesia has millions of varieties of medicinal plants that have the potential to be developed to add value to the herbal medicine industry (Jamu, Standardized Herbal Medicines/OHT, and Phytopharmaceuticals) which is much greater than other countries. As a country that has no less than 30,000 species of plants and marine resources, Indonesia is the largest exporter of herbal medicinal products in the world. But in fact, about 9,600 species of plants and animals that are known to have medicinal properties have not been used optimally as herbal medicines.

Herbal agroindustry is defined as an activity that utilizes agricultural products in the form of plants or plants that have usefulness or added value in medicine as raw materials, designs and provides equipment and services for these activities. Herbs are one of the commodities that have strategic opportunities and competitiveness. The herbal agro-industry has become a real manifestation of the people's economy which has proven to be resistant to the global economic crisis. The performance growth of herbal products in Indonesia has thrived since 2011 and continues to show an upward trend of 13%-15% per year on average as a response to consumer demand for products that come from nature. In terms of market share, herbal medicine continues to grow. If in 2003 it reached 10% then it grew to 16% in 2010, in 2017 the herbal market share reached 25% of the overall performance of the pharmaceutical industry. Besides making people healthy, herbal plants in Indonesia are also able to reduce dependence on raw materials for the pharmaceutical industry, 95% of which are still imported.

Although the availability of natural ingredients is abundant and public interest in herbal products is increasing, this is not necessarily followed by a significant rate of sales of herbal products. This is because the competitiveness of herbal products in the market is still inferior to substitute products, namely non-

herbal products on the market which are pegged at lower prices and better quality, such as chemical products imported from abroad. In addition to price problems, other factors that inhibit the growth rate of herbal agroindustry are various uncertainty factors in the supply of raw materials, production, and distribution which are influenced by weather factors and the proliferation of chemical products as substitute products for herbal products due to the rapid development of processing technology in the industry. Chemicals cause a gap between the amount of supply and the amount of sales of herbal products. The mismatch between supply and demand for products both in terms of quantity and quality make the performance of the herbal supply chain less than optimal.

This study aims to answer various herbal supply chain challenges which include efficiency issues to increase competitiveness, effectiveness in adjusting between supply and demand which is influenced by various uncertainty factors, namely by building a model of 1) a multi-stage reverse supply chain business process for herbal agroindustry, 2) building a hybrid fuzzy stochastic formulation model for herbal agroindustry multi-stage reverse supply chain, and complement it with 3) an adaptive contract model for herbal agroindustry multi-stage reverse supply chain. The tools used include BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation) for business process model design, NetBeans IDE (Integrated Development Environment) software application with Java programming language for supply chain optimization model, and excel application for adaptive contract model.

The multi-stage business process model of herbal agroindustry that is produced includes the business process of product flow in the form of materials from suppliers (first stage) to the factory (second stage) where in the factory there is a production process, namely forward logistics equipped with reverse logistics. Forward logistics includes primary production with main raw materials from suppliers, while reverse logistics includes secondary production with raw materials from the rest of the main production and tertiary production with raw materials from product returns from consumers. The distribution process (third stage) includes the forward logistics process, namely the flow of finished products from the factory to the consumer and the reverse logistics process, namely the return product flow from the consumer to the factory. The uncertainty factors that occur include both stochastic and fuzzy uncertainties such as the cost of materials, preferences for choosing raw materials, which occur in the first stage. Uncertainty in the second stage includes the production process in terms of yield, shrinkage, waste quality and reverse product. Other uncertainties also occur in the third stage, namely transportation/distribution costs, as well as market demand for herbal products.

The herbal agroindustry multi-stage reverse supply chain optimization formulation model was built by considering the multiparameter uncertainty, namely stochastic uncertainty/event probability, fuzzy uncertainty and dynamic changes in the Markov period, where decisions at each stage are influenced by other stages in a recursive function from period to period of operation time, so that This model is called the hybrid fuzzy stochastic model of the herbal agroindustry multi-stage supply chain. The results of this formulation model include three stages. The first stage is the quantity/quantity and optimal quality of raw materials used from suppliers by taking into account the results of recursive

defuzzification of waste and reverse product quality from stage two, as well as the total cost of procuring raw materials with details for each period. Total cost of procuring raw materials is Rp. 38,210,687,-. In the second stage, an estimate of the amount of raw materials from the rest of the main production (waste), the amount of raw material from product returns (reverse), the number of main products, the number of secondary products, the number of tertiary products is generated, which is based on the development of a product demand model from the results of the recursive function that obtained from the third stage and the total cost of production (total cost of the second stage) with details for each period. The total cost of production (total cost of the second stage) is Rp. 998,842,655,-. The third stage resulted in the number of products distributed to consumers, the total transportation/distribution costs including product transportation cost to distributor, product transportation cost to consumers and reverse transportation cost to factories (the total cost of the third stage) with details for each period. The total cost of the third stage is Rp.31,231,902,-. Fuzzy hybrid stochastic model (SHFM) accommodates various uncertainty factors, so determining the estimated number of demand and supply quantities can be identified more effectively and efficiently.

The herbal agroindustry multi-stage adaptive contract model was built as a follow-up to the optimization results of the multistage fuzzy hybrid stochastic model. The optimization results are used to determine the initial contract variables. Through the agreement contained in the contract based on symmetric information between actors as well as an adaptive contract model, which is the contract variable is adaptive to follow the actual business dynamics that occur in the market, it is hoped that the agreement will continue to improve supply chain performance.

Keywords: Herbal agro-industry, adaptive contract, multistage, reverse supply chain, hybrid fuzzy-stochastic.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2011
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB

**MODEL STOKASTIK *HYBRID FUZZY* MULTITAHAP
RANTAI PASOK BALIK AGROINDUSTRI HERBAL
BERBASIS KONTRAK ADAPTIF**

ASTER ARYATI RAKHMASARI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2022**

Penguji Luar Komisi Pembimbing pada Ujian Tertutup Disertasi:

- 1 Dr. Dwi Setyaningsih, S.TP, M.Si.
- 2 Dr. Drs. Efendi, M.M., M.P.

Promotor Luar Komisi Pembimbing pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

- 1 Dr. Drs. Efendi, M.M., M.P.
- 2 Dr. Dwi Setyaningsih, S.TP, M.Si.

Judul Disertasi : Model Stokastik *Hybrid Fuzzy* Multitahap Rantai Pasok Balik
Agroindustri Herbal Berbasis Kontrak Adaptif
Nama : Aster Aryati Rakhmasari
NIM : F361160091

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Eng. Taufik Djatna, S.T.P., M.Si.

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ono Suparno, S.T.P., M.T.

Pembimbing 3:

Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc.

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Ir. Illah Sailah, M.S.

NIP 195805211982112001

Dekan Fakultas Teknologi Pertanian:

Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.

NIP 196105021986031002

Tanggal Ujian:
3 Februari 2022

Tanggal Lulus:
3 Februari 2022

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga disertasi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Mei 2019 ini ialah rantai pasok balik agroindustri herbal berbasis kontrak adaptif, dengan judul “Model Stokastik *Hybrid Fuzzy* Multitahap Rantai Pasok Balik Agroindustri Herbal Berbasis Kontrak Adaptif”.

Terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Eng. Taufik Djatna, S.T.P., M.Si. selaku Ketua Komisi Pembimbing, Prof. Dr. Ono Suparno, S.T.P., M.T., dan Dr. Ir. Meika Syahbana Rusli, M.Sc. selaku anggota Komisi Pembimbing yang telah memberikan arahan, dukungan dan bimbingan kepada penulis selama belajar di Program Studi Teknik Industri Pertanian hingga dapat menyelesaikan penulisan disertasi ini. Penghargaan penulis sampaikan juga kepada Bapak Suhadi dan Bapak Bayu, beserta staf dari PT Rachma Sari Grup; Bapak Stefanus, Bapak Eko dan Ibu Haniyah dari GP Jamu; Ibu Nina beserta staf dari BPOM Semarang, yang telah membantu selama pengumpulan data. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada Bapak, Ibu, suami, anak-anak serta seluruh keluarga besar, atas segala dukungan, doa dan kasih sayangnya. Juga kepada pihak lainnya yang tidak bisa disebutkan satu persatu penulis ucapkan terima kasih atas dukungannya.. Syukron jazakumullahu khairon, semoga Allah membalas semua kebaikan dengan kebaikan yang lebih banyak lagi. Aamiin Yaa Rabbal ‘Alamiin.

Penulis menyadari masih terdapat berbagai kekurangan pada berbagai aspek dalam hasil penelitian maupun penulisan disertasi ini, untuk itu penulis menerima saran dan arahan dalam rangka penyempurnaannya. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Februari 2022
Aster Aryati Rakhmasari

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR LAMPIRAN	xx
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Ruang Lingkup	5
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	5
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Rantai Pasok Balik Multitahap	6
2.2 Model Stokastik <i>Fuzzy</i>	11
2.3 Agroindustri Herbal	14
2.4 Kontrak	16
2.5 Penelitian Terdahulu, Peta Jalan dan Posisi Penelitian	21
III METODE PENELITIAN	31
3.1 Kerangka Pemikiran Penelitian	31
3.2 Tahapan Penelitian	33
3.3 Tata Laksana Penelitian	41
IV ANALISIS SITUASIONAL	51
4.1 Rantai Pasok Agroindustri Herbal	51
4.2 Permasalahan Rantai Pasok Agroindustri Herbal	51
4.3 Identifikasi dan Analisis Kebutuhan Sistem Rantai Pasok Balik Multitahap Agroindustri Herbal	54
4.4 Analisis Proses Bisnis Rantai Pasok Herbal	57
V PENGEMBANGAN MODEL	68
5.1 Model Proses Bisnis Rantai Pasok Balik Agroindustri Herbal	68
5.2 Model Formulasi Optimasi Rantai Pasok Balik Agroindustri Herbal	77
5.3 Model Kontrak Adaptif	93
VI IMPLEMENTASI HASIL PENELITIAN	98
6.1 Studi Kasus Rantai Pasok Balik Multitahap Agroindustri Herbal	98
6.2 Kontribusi dan Keterbatasan Penelitian	185
6.3 Implikasi Manajerial	185
VII SIMPULAN DAN SARAN	188
7.1 Simpulan	188
7.2 Saran	188
DAFTAR PUSTAKA	189
LAMPIRAN	197
RIWAYAT HIDUP	302

DAFTAR TABEL

1	Penelitian terdahulu dan posisi penelitian pada proses bisnis rantai pasok dan posisi penelitian	23
2	Penelitian terdahulu dan posisi penelitian tentang model rantai pasok dengan faktor ketidakpastian	24
3	Peta jalan dan posisi penelitian tentang kolaborasi rantai pasok	25
4	Klasifikasi penelitian pada kolaborasi adaptif	27
5	Klasifikasi parameter/variabel dan indikator pada penelitian kontrak	27
6	Peta jalan (penelitian terdahulu) dan posisi penelitian pada model kolaborasi rantai pasok dengan mekanisme kontrak	28
7	Prosedur desain proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal	43
8	Prosedur desain model stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal	45
9	Prosedur desain model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal	46
10	Instrumen Penelitian	47
11	Kondisi sistem rantai pasok herbal (permasalahan yang dihadapi)	54
12	Klasifikasi kondisi dan permasalahan rantai pasok herbal, kebutuhan sistem dan solusi	55
13	Pelaku/aktor rantai pasok herbal beserta peranannya	58
14	Pelaku/aktor rantai pasok herbal beserta aktivitasnya	59
15	Indeks model formulasi optimasi tahap 1 (satu)	83
16	Variabel model formulasi optimasi tahap 1 (satu)	83
17	Parameter model formulasi optimasi tahap 1 (satu)	83
18	Variabel fungsi optimasi tahap 2 (dua)	85
19	Indeks model formulasi optimasi tahap 2 (dua)	85
20	Parameter model formulasi optimasi tahap 2 (dua)	85
21	Indeks model formulasi optimasi tahap 3 (tiga)	87
22	Parameter model formulasi optimasi tahap 3 (tiga)	87
23	Variabel fungsi optimasi tahap 3 (tiga)	87
24	Parameter dan variabel kontrak untuk masing-masing pelaku rantai pasok a untuk produk n pada periode t	94
25	Pendapatan dan penalti kontrak adaptif untuk masing-masing pelaku rantai pasok a untuk produk n pada periode t	95
26	Perubahan variabel kontrak adaptif untuk masing-masing pelaku rantai pasok a untuk produk n pada periode t	95
27	Keuntungan pelaku kontrak adaptif untuk masing-masing pelaku rantai pasok a untuk produk n pada periode t	96
28	Contoh perhitungan desain model kontrak adaptif	97
29	Ketidakpastian/perubahan ongkos/kg perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto selama 10 periode (periode 1: Februari 2021 s.d. periode 10: November 2021) dalam satuan rupiah	103

30	Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 1 (Februari 2021) dalam satuan rupiah	104
31	Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 2 (Maret 2021) dalam satuan rupiah	105
32	Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 3 (April 2021) dalam satuan rupiah	106
33	Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 4 (Mei 2021) dalam satuan rupiah	107
34	Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 5 (Juni 2021) dalam satuan rupiah	108
35	Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 6 (Juli 2021) dalam satuan rupiah	109
36	Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 7 (Agustus 2021) dalam satuan rupiah	110
37	Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 8 (September 2021) dalam satuan rupiah	111
38	Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 9 (Oktober 2021) dalam satuan rupiah	112
39	Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 10 (November 2021) dalam satuan rupiah	113
40	Proporsi perolehan bahan baku utama simplisia selama kurun waktu 10 periode terakhir (Februari 2021 s.d. periode November 2021) dalam satuan persen	115
41	Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 1 (Februari 2021)	116
42	Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 2 (Maret 2021)	117
43	Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 3 (April 2021)	118
44	Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 4 (Mei 2021)	119
45	Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 5 (Juni 2021)	120
46	Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 6 (Juli 2021)	121
47	Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 7 (Agustus 2021)	122
48	Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku	

	utama simplisia pada periode 8 (September 2021)	123
49	Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 9 (Oktober 2021)	124
50	Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 10 (November 2021)	125
51	Ketidakpastian/perubahan permintaan produk herbal dan produk <i>reverse</i> oleh konsumen selama 10 periode terakhir dalam satuan unit	128
52	Jumlah bahan baku utama, limbah, produk akhir dan <i>reverse</i>	129
53	Biaya kesempatan pada setiap periode akibat peluang penjualan yang tidak ditindaklanjuti	131
54	Pengembangan model permintaan produk herbal dan produk <i>reverse</i> oleh konsumen selama 10 periode terakhir dalam satuan unit	132
55	Pengembangan model jumlah bahan baku utama, limbah, produk akhir dan <i>reverse</i>	133
56	Lokasi konsumen produk herbal	135
57	Ongkos transportasi produk n ke/dari gudang produk herbal w ke/dari konsumen c ke gudang produk <i>reverse</i> r dalam satuan rupiah per kg berat produk	136
58	Peramalan probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 1 (Desember 2021)	141
59	Peramalan probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 2 (Januari 2022)	142
60	Peramalan probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 3 (Februari 2022)	143
61	Peramalan probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 4 (Maret 2022)	144
62	Peramalan probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 5 (April 2022)	145
63	Peramalan probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 6 (Mei 2022)	146
64	Peramalan probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 7 (Juni 2022)	147
65	Peramalan probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 8 (Juli 2022)	148
66	Peramalan probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 9 (Agustus 2022)	149
67	Peramalan probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 10 (September 2022)	150
68	Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 1 (Desember 2021)	151
69	Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 2 (Januari 2022)	152
70	Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 3 (Februari 2022)	153
71	Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 4 (Maret 2022)	154

72	Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 5 (April 2022)	155
73	Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 6 (Mei 2022)	156
74	Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 7 (Juni 2022)	157
75	Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 8 (Juli 2022)	158
76	Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 9 (Agustus 2022)	159
77	Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 10 (September 2022)	160
78	Kategori bahan baku, limbah, dan atau <i>reverse</i> produk herbal sambiloto	161
79	Nilai kuantitas limbah dan pengembalian produk herbal sambiloto	161
80	Nilai kualitas bahan baku, limbah dan pengembalian produk herbal sambiloto	161
81	Perkiraan kebutuhan kualitas bahan baku simplisia sambiloto hasil fungsi <i>recursive</i> defuzzifikasi tahap 2 dan 3	162
82	Perkiraan jumlah optimal dan ongkos pengadaan bahan baku A dan B dari pemasok 1 untuk 10 periode	163
83	Perkiraan jumlah optimal dan ongkos pengadaan bahan baku A dan B dari pemasok 2 untuk 10 periode	164
84	Perkiraan jumlah optimal dan ongkos pengadaan bahan baku A dan B dari pemasok 3 untuk 10 periode	165
85	Perkiraan jumlah optimal dan ongkos pengadaan bahan baku A dan B dari pemasok 4 untuk 10 periode	166
86	Peramalan permintaan produk herbal oleh konsumen selama 10 periode yang akan datang dalam satuan unit	167
87	Peramalan jumlah bahan baku utama, limbah, produk akhir dan <i>reverse</i>	169
88	Pengembangan model peramalan jumlah bahan baku utama, limbah, produk akhir dan <i>reverse</i>	171
89	Hasil peramalan pengembangan model permintaan produk herbal oleh konsumen dalam satuan unit	172
90	Perkiraan biaya kesempatan yang timbul bila tanpa pengembangan model permintaan produk herbal oleh konsumen	173
91	Perkiraan ongkos produksi (ongkos tahap 2) 10 periode yang akan datang	174
92	Hasil peramalan ongkos transportasi produk n ke/dari gudang produk herbal w ke/dari konsumen c ke gudang produk <i>reverse</i> r dalam satuan rupiah per kg berat produk	175
93	Perkiraan total ongkos transportasi/distribusi (total ongkos tahap 3) 10 periode yang akan datang dari pengembangan ramalan permintaan konsumen	176
94	Variabel kontrak adaptif awal tahap 1	178
95	Variabel kontrak adaptif awal tahap 2	179

96	Variabel kontrak adaptif awal tahap 3	180
97	Revisi variabel kontrak adaptif tahap 1	181
98	Revisi variabel kontrak adaptif tahap 2	181
99	Revisi variabel kontrak adaptif tahap 3	182

DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pengambilan keputusan rantai pasok	8
2	Klasifikasi penelitian pada mekanisme kolaborasi rantai pasok	17
3	Perbandingan klasifikasi penelitian kolaborasi adaptif rantai pasok	18
4	Klasifikasi aspek ulasan penelitian kolaborasi adaptif rantai pasok	18
5	Klasifikasi penelitian mekanisme kontrak	19
6	Kerangka pemikiran penelitian	32
7	Tahapan penelitian	35
8	Elemen yang dianalisis dalam sistem	36
9	Kerangka analisis rantai pasok	36
10	Notasi elemen diagram proses bisnis	38
11	Tahapan desain model formulasi optimasi rantai pasok balik	40
12	Hasil uji mikrobiologi kategori TMS	52
13	Hasil pengajuan sertifikasi CPOTB	52
14	Hasil pemeriksaan sarana produksi kategori TMS	53
15	Hasil pengawasan sarana distribusi kategori TMS	53
16	Pengaduan masyarakat	53
17	<i>Use case diagram</i> rantai pasok multistage agroindustri herbal	57
18	<i>Activity Diagram</i> di dalam setiap tahapan rantai pasok agroindustri herbal	60
19	<i>Sequence Diagram</i> petani dan pabrik/manufaktur	61
20	<i>Sequence Diagram</i> prosesor/manufaktur dan distributor	61
21	<i>Business Process Diagram (BPD)</i> distributor dan konsumen	62
22	<i>Process Hierarchy Diagram (PHD)</i> rantai pasok agroindustri herbal	63
23a	<i>Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0</i> rantai pasok herbal tahap kesatu	65
23b	<i>Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0</i> rantai pasok herbal tahap kesatu (lanjutan)	66
24	<i>Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0</i> rantai pasok herbal tahap kedua dan ketiga	67
25	Alur proses logistik balik agroindustri herbal	70
26	<i>Use case diagram</i> rantai pasok balik agroindustri herbal	71
27	<i>Process Hierarchy Diagram (PHD)</i> rantai pasok balik agroindustri herbal	72
28a	<i>Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0</i> rantai pasok balik agroindustri herbal tahap kesatu	73
28b	<i>Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0</i> rantai pasok balik herbal tahap kesatu (lanjutan)	74
29	<i>Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0</i> rantai pasok	

	balik herbal tahap kedua	75
30	<i>Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0</i> rantai pasok balik herbal tahap ketiga	76
31	Sumber bahan baku proses produksi	90
32	Fungsi keanggotaan bahan baku dari produk <i>reverse</i>	90
33	Fungsi keanggotaan kualitas bahan baku dari produk <i>reverse</i>	91
34	Fungsi keanggotaan kualitas bahan baku dari pemasok	91
35	<i>Fuzzy rule</i> pemilihan kualitas bahan baku	91
36	Alur proses logistik rantai pasok balik agroindustri herbal PT XI	100
37	Skema distribusi produk herbal	135

DAFTAR LAMPIRAN

1	Kuesioner identifikasi aspek proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ke pihak pemasok	198
2	Kuesioner identifikasi aspek proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ke pihak pabrikan/agroidustri	200
3	Kuesioner identifikasi aspek proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ke pihak distributor	202
4	Kuesioner identifikasi aspek ketidakpastian stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal ke pihak pemasok	204
5	Kuesioner identifikasi aspek ketidakpastian stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal ke pihak pabrikan	206
6	Kuesioner identifikasi aspek ketidakpastian stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal ke pihak distributor	208
7	Kuesioner identifikasi aspek kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ke pihak pemasok	210
8	Kuesioner identifikasi aspek kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ke pihak pabrikan	212
9	Kuesioner identifikasi aspek kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ke pihak distributor	214
10	<i>G Form</i> kuesioner rantai pasok agroindustri herbal	216
11	Respon/hasil <i>G form</i> kuesioner rantai pasok herbal	221
12	Data input (matriks) ketidakpastian preferensi bahan baku 10 periode terakhir model stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal	228
13	Data input (matriks) ketidakpastian ongkos bahan baku 10 periode terakhir model stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal	231
14	Data input (matriks) ketidakpastian limbah produk akhir dan <i>reverse</i> 10 periode terakhir model stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal	232
15	Data input (matriks) biaya kesempatan 10 periode terakhir model stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri	

	herbal	233
16	Data input (matriks) ketidakpastian/perubahan permintaan produk herbal primer, sekunder, dan tersier oleh konsumen selama 10 periode terakhir pada model stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal	234
17	Data input (matriks) pengembangan model permintaan produk herbal primer, sekunder, dan tersier oleh konsumen selama 10 periode terakhir pada model stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal	243
18	Data input (matriks) ongkos transportasi produk selama 10 periode terakhir pada model stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal	244
19	Data output peramalan rantai markov prprobabilitas perubahan preferensi pemasok bahan baku utama (simplisia sambiloto) untuk 10 periode	245
20	Hasil uji kesesuaian distribusi data historis rendemen produk herbal	249
21	Hasil uji kesesuaian distribusi data historis susut produksi produk herbal	250
22	Hasil uji kesesuaian distribusi data historis pengembalian produk herbal	251
23	Hasil uji kesesuaian distribusi data historis ongkos ketidakpastian/perubahan preferensi bahan baku dari pemasok	252
24	Data output peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama (simplisia sambiloto) untuk 10 periode	253
25	Data output perkiraan jumlah bahan baku dengan metode goal programming dan defuzzyfikasi bahan baku dari limbah dan <i>reverse</i> untuk 10 periode dengan menggunakan perangkat lunak NetBeans IDE 8.1	261
26	Data output peramalan ketidakpastian/perubahan rendemen simplisia (simplisia sambiloto) untuk 10 periode	262
27	Data output peramalan ketidakpastian/perubahan susut produksi simplisia (simplisia sambiloto) untuk 10 periode	263
28	Data output peramalan ketidakpastian/perubahan pengembalian (<i>reverse</i>) produk herbal kapsul sambiloto untuk 10 periode	264
29	Data output peramalan perubahan proporsi preferensi perolehan jumlah bahan baku utama (simplisia sambiloto) untuk 10 periode	265
30	Data output peramalan permintaan produk herbal primer, sekunder, dan tersier oleh konsumen untuk 10 periode	266
31	Data output peramalan jumlah bahan baku utama (simplisia sambiloto), limbah, produk akhir, dan <i>reverse</i> untuk 10 periode sebagai fungsi <i>recursive</i> dari tahap 3	267
32	Validasi data output peramalan jumlah bahan baku utama (simplisia sambiloto), limbah, produk akhir, dan <i>reverse</i> untuk 10 periode sebagai fungsi <i>recursive</i> dari tahap 3	274
33	Data output pengembangan model peramalan permintaan produk herbal primer, sekunder, dan tersier oleh konsumen untuk 10 periode	276

34	Validasi data output pengembangan model peramalan permintaan produk herbal primer, sekunder, dan tersier oleh konsumen untuk 10 periode	278
35	Data output peramalan biaya kesempatan untuk 10 periode	279
36	Validasi data output peramalan biaya kesempatan untuk 10 periode	281
37	Data output pengembangan model peramalan jumlah bahan baku utama (simplisia sambiloto), limbah, produk akhir, dan <i>reverse</i> untuk 10 periode sebagai fungsi <i>recursive</i> dari tahap 3	282
38	Validasi data output pengembangan model peramalan jumlah bahan baku utama (simplisia sambiloto), limbah, produk akhir, dan <i>reverse</i> untuk 10 periode sebagai fungsi <i>recursive</i> dari tahap 3	286
39	Total ongkos tahap 2	288
40	Data output peramalan ongkos transportasi per kg produk	289
41	Data output peramalan ongkos transportasi produk n ke/dari gudang produk herbal w ke/dari konsumen c ke gudang produk <i>reverse</i> r dalam satuan rupiah (Ongkos tahap3) 10 periode	291
42	Ongkos pengadaan bahan baku utama dalam kontrak	294
43	Bahan baku dan proses produksi kapsul sambiloto	296
44	Tampilan input pada perangkat lunak	297
45	Tampilan uji pola distribusi pada perangkat lunak	298
46	Tampilan optimasi fungsi tujuan pada perangkat lunak	299
47	Tampilan fuzzifikasi pada perangkat lunak	300
48	Tampilan keluaran integrasi model formulasi pada perangkat lunak	301

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam lingkungan bisnis saat ini, di mana tingkat persaingan makin tinggi dengan ketersediaan sumber daya alam yang makin terbatas, perhatian pelanggan terhadap masalah lingkungan makin baik, besarnya tantangan adaptasi bisnis ke pasar yang kompetitif, dan makin ketatnya kontrol peraturan dan perundangan, semua memainkan peranan sentral dalam memenangkan persaingan di pasar global. Hal tersebut telah menyebabkan sebagian besar perusahaan beralih kepada desain rantai pasok balik (*reverse supply chain*) dan jaringan rantai pasok siklus tertutup/*Closed loop supply chain (CLSC)* yang memfasilitasi peningkatan manfaat ekonomis dan minimasi dampak lingkungan melalui penggunaan barang bekas sisa produksi maupun konsumsi. Rantai pasok siklus tertutup adalah suatu siklus rantai pasok yang meliputi aliran rantai pasokan maju/*forward supply chain* dan kembali lagi ke sumber pasokan yaitu rantai pasok balik/*reverse supply chain* yang terjadi secara berulang membentuk suatu aliran siklus tertutup (Farrokh *et al.* 2018). Rantai pasok balik/*reverse supply chain* adalah rantai pasok yang mencakup sekelompok kegiatan yang menerima produk bekas dari konsumen akhir dan mengembalikannya ke pabrik atau pusat daur ulang untuk diperbaharui atau dibuang dengan aman (Pochampally *et al.* 2009).

Permasalahan krusial yang menjadi tema penting dalam penelitian rantai pasok saat ini adalah masalah ketidakpastian. Ketidakpastian rantai pasok bermula dari meningkatnya kompleksitas jaringan rantai pasok global, yang berpotensi tinggi kepada permasalahan disrupsi pasokan baik kuantitas maupun kualitas. Ketidakpastian berpengaruh pada risiko rantai pasok. Ketidakpastian rantai pasok terjadi karena ketidakpastian informasi sehingga berdampak pada keandalan keputusan yang diambil. Ketidakpastian didefinisikan sebagai situasi pengambilan keputusan dalam rantai pasok di mana pembuat keputusan tidak tahu pasti apa yang harus diputuskan saat tidak jelas tentang tujuan; tidak memiliki informasi tentang (pemahaman) rantai pasok atau lingkungan hidup; tidak memiliki kapasitas pemrosesan informasi; tidak dapat secara akurat memprediksi dampak dari tindakan kontrol yang mungkin terjadi pada perilaku rantai pasok; atau tidak memiliki tindakan kontrol yang efektif (Vorst dan Beulens 2002). Penelitian sumber-sumber ketidakpastian secara komprehensif dilakukan untuk memperoleh model manajemen strategi yang tepat sehingga dapat mengurangi risiko rantai pasok dan meningkatkan kinerja rantai pasok (Simangunsong *et al.* 2012).

Masalah ketidakpastian menjadi salah satu faktor yang perlu mendapatkan perhatian khusus dalam melakukan pemodelan rantai pasok. Ketidakpastian dalam permintaan dan penawaran telah menyebabkan model deterministik rantai pasok kurang relevan lagi untuk diterapkan. Model multistap dengan mempertimbangkan ketidakpastian yang direpresentasikan dalam multiskenario produksi merupakan salah satu model stokastik rantai pasok yang mampu memberikan keandalan model lebih baik dibandingkan dengan model deterministik rantai pasok yang didalamnya melibatkan variabel dengan unsur ketidakpastian. Model dibuat dengan mempertimbangkan minimasi total biaya investasi dan variansi biaya untuk meminimumkan risiko rantai pasok (Azaron *et al.* 2018).

Berkembangnya kompleksitas rantai pasok telah menuntut pengelolaan rantai pasok yang lebih efektif. Rantai pasok multistahap/multieselon adalah rantai pasok yang terjadi ketika produk melewati lebih dari satu tahapan sebelum sampai ke konsumen akhir (Pal *et al.* 2012). Untuk itu kolaborasi rantai pasok menjadi salah satu solusi yang efektif. Banyak industri telah terlibat dalam berbagai bentuk kolaborasi rantai pasok untuk mempertahankan eksistensinya dalam lingkungan persaingan bisnis yang makin ketat. Melalui kolaborasi rantai pasok meliputi aliran bahan baku hingga produk akhir untuk konsumen, pangsa pasar dapat dipertahankan bahkan ditingkatkan. Koordinasi rantai pasok memastikan kinerja rantai pasok yang lebih baik melalui optimasi dalam hal biaya, diskon kuantitas, penawaran tepat waktu, kebijakan pembelian kembali, fleksibilitas kuantitas, ukuran pemesanan dan komitmen jumlah pembelian (Sana *et al.* 2014). Kolaborasi juga dapat diterapkan dalam hal pengelolaan faktor *human errors* pada inspeksi kualitas dan perbaikan mutu produksi. Model dapat digunakan untuk pengambilan keputusan investasi yang tepat meliputi manajemen relasi dalam hal penetapan kebijakan strategis maupun operasional, desain produk, desain proses, dan pelatihan karyawan (Khan *et al.* 2014).

Kontrak adalah kesepakatan antara dua belah pihak dalam suatu ikatan formal. Kontrak rantai pasok adalah instrumen yang efektif untuk mencapai tujuan yang bertentangan antara anggota rantai pasok dan untuk memotivasi semua anggota untuk menjadi bagian dari keseluruhan pasokan rantai (Chan dan Chan 2010). Kontrak rantai pasok memastikan pemberian insentif yang tepat sehingga mengikat setiap pelaku rantai pasok bertindak sebagaimana semestinya, serta menyebabkan manfaat dan risiko ditanggung oleh kedua belah pihak.

Sistem adaptif adalah sistem yang mampu mengadaptasi perilaku terhadap perubahan lingkungan. Sistem dapat dibangun melalui penerapan perangkat lunak berbasis konsep *pervasive* dan *ubiquity*. Kontrak adaptif adalah sistem kontrak yang didasarkan pada suatu sistem adaptif sehingga mampu memberikan jaminan kontrak yang lebih objektif (Schroeder *et al.* 2011). Kompleksitas dan persaingan rantai pasok telah menyebabkan penerapan kontrak dengan berbagai kombinasi kontrak (seperti penggunaan potongan harga (Kalkanci *et al.* 2011)) yang bersifat adaptif yaitu disesuaikan dengan berbagai skenario kejadian bisnis yang mungkin muncul untuk memperoleh keuntungan dan stabilitas keuntungan yang lebih baik. Berbagai skenario bisnis yang berperan dalam penetapan kontrak antara lain perubahan pasar, perubahan dalam preferensi harga konsumen, perubahan dalam preferensi layanan dan ketidakpastian permintaan walaupun pada kenyataannya kombinasi kontrak tidak berpengaruh signifikan terhadap capaian keuntungan dan stabilitas keuntungan dibandingkan dengan mekanisme koordinasi (Meng *et al.* 2017).

Agroindustri herbal didefinisikan sebagai kegiatan yang memanfaatkan hasil pertanian berupa tanaman atau tumbuhan yang mempunyai kegunaan atau nilai lebih dalam pengobatan sebagai bahan baku, merancang dan menyediakan peralatan serta jasa untuk kegiatan tersebut. Herbal merupakan salah satu komoditas yang memiliki peluang strategis dan daya saing. Agroindustri herbal telah menjadi wujud nyata ekonomi kerakyatan yang terbukti tahan uji dalam krisis ekonomi global. Pertumbuhan kinerja produk herbal di Indonesia tumbuh subur sejak Tahun 2011 dan terus menunjukkan tren kenaikan yaitu sebesar rata-rata 13%-15% per tahun sebagai respon permintaan konsumen akan produk yang

hadir dari alam. Dari segi pangsa pasar, obat herbal terus berkembang. Jika pada tahun 2003 mencapai 10% selanjutnya tumbuh menjadi 16% pada tahun 2010, pada tahun 2017 pangsa pasar herbal mencapai 25% dari keseluruhan performa industri farmasi. Disamping menyehatkan rakyat, tanaman herbal di Indonesia juga mampu mengurangi ketergantungan bahan baku industri farmasi yang 95% masih impor.

Terdapat 3 jenis produk herbal antara lain: Jamu, Obat Herbal Terstandar (OHT) dan Fitofarmaka. Fitofarmaka adalah sediaan obat bahan alam yang telah dibuktikan keamanan dan khasiatnya secara ilmiah dengan uji praklinik dan uji klinik. Klaim khasiatnya dibuktikan secara ilmiah yaitu melalui uji pre-klinik dan uji klinik (diuji coba ke manusia/sukarelawan), menggunakan bahan baku yang sudah terstandar dan dibuat dengan menggunakan fasilitas produksi yang memenuhi standar Cara Pembuatan Obat Tradisional yang Baik (CPOTB). Oleh karena ketatnya persyaratan Fitofarmaka, maka Obat Bahan Alam kategori ini setara dengan obat sintesis modern lainnya, serta bisa diresepkan oleh dokter. Namun sayangnya, jumlah produk Fitofarmaka di Indonesia masih sangat sedikit yaitu 18 produk. Pertumbuhan Fitofarmaka masih dinilai lambat disebabkan karena biaya produksi yang tinggi dan rendahnya pengenalan pasar terhadap produk fitofarmaka (Badan Pengawasan Obat Makanan dan Minuman (BPOM) 2017).

Penelitian ini mengusulkan suatu model rantai pasok balik multistahap untuk agroindustri herbal yang memfasilitasi unsur ketidakpastian yang berpengaruh dalam pengambilan keputusan baik ketidakpastian stokastik yaitu ketidakpastian yang pada umumnya dikuantifikasi dengan nilai probabilitas (Russell 2015) maupun *hybrid fuzzy* yaitu penggunaan teknik lain bersama-sama dengan logika *fuzzy* baik secara gabungan maupun beriringan/bersamaan (Pandian 2015). Adapun untuk studi kasus dan implementasi model penelitian adalah PT X, di mana pada lokasi tersebut ditemui berbagai bentuk ketidakpastian meliputi ketidakpastian yang bersifat stokastik probabilistik yaitu ketidakpastian akan keberhasilan produksi bahan baku, produksi maupun distribusi, probabilitas eksistensi pelaku rantai pasok, serta probabilitas rendemen proses produksi. Ketidakpastian lainnya adalah ketidakpastian *fuzzy* yaitu berupa kualitas bahan baku yang diperoleh dari pemasok yang dipengaruhi oleh adanya bahan baku dari limbah hasil proses produksi utama maupun dari pengembalian produk. Ketidakpastian lainnya adalah ketidakpastian yang bersifat dinamis selama periode operasi mengikuti siklus markov yaitu ketidakpastian permintaan produk yang berpengaruh pada ketidakpastian permintaan akan bahan baku. Melalui model optimasi stokastik *hybrid fuzzy* diharapkan dapat diperoleh keputusan optimal dalam hal penentuan perolehan bahan baku yang dapat meminimasi ongkos yang bersifat objektif berdasarkan pada kondisi yang ada di lapangan yaitu kondisi yang dipengaruhi oleh adanya berbagai ketidakpastian yang ada. Melalui model optimasi stokastik *hybrid fuzzy* yang memfasilitasi ketidakpastian yang ada diharapkan dapat diperoleh keputusan yang bersifat andal.

Melalui model optimasi stokastik *hybrid fuzzy* keputusan operasional yang ditetapkan pada pelaku rantai pasok dan diterapkan secara bersama-sama dalam suatu sistem kontrak adaptif diharapkan dapat memberikan *win-win solution* serta keuntungan yang optimal. Harapan lainnya adalah melalui model rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal berbasis kontrak adaptif ini dapat tercapai

pertumbuhan agroindustri herbal dalam negeri yang lebih pesat lagi yang tidak hanya memberikan manfaat secara moneter namun juga memberikan manfaat lingkungan untuk sistem yang berkelanjutan.

1.2 Rumusan Masalah

Kondisi bisnis yang dinamis dari waktu ke waktu dan dipengaruhi faktor-faktor baru yang terus mengalami perkembangan telah menuntut pelaku bisnis melakukan inovasi dalam menjalankan proses bisnisnya. Efisiensi dalam hal penggunaan anggaran dan efektivitas dalam penciptaan nilai tambah menjadi hal yang sangat berpengaruh untuk peningkatan daya saing usaha. Salah satu hal yang dapat meningkatkan efisiensi usaha adalah dengan membangun sistem rantai pasok balik. Melalui sistem rantai pasok balik multistap yang terintegrasi, minimasi pengeluaran anggaran dapat dilakukan melalui penggunaan bahan baku dengan biaya seminimal mungkin dan sekaligus dapat memaksimalkan pemasukkan anggaran melalui peningkatan nilai tambah produk.

Pelaku bisnis juga perlu mengidentifikasi kebutuhan pasar akan produk dengan tepat serta mampu merespon proses pasokan, produksi, maupun distribusi yang sesuai seiring dengan dinamika lingkungan bisnis baik dari eksternal yaitu pasar maupun di dalam internal perusahaan yaitu proses produksi dan distribusi. Untuk memaksimalkan hasil usaha perlu dilakukan koordinasi terintegrasi antara pelaku rantai pasok sehingga risiko rantai pasok dapat diminimasi serendah mungkin.

Bertolak dari latar belakang dan pemikiran di atas maka dapat dirumuskan permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini yaitu:

1. Bagaimana model proses bisnis rantai pasok balik multistap pada agroindustri herbal?
2. Bagaimana model optimasi stokastik rantai pasok balik pada agroindustri herbal dengan multiparameter ketidakpastian?
3. Bagaimana model kontrak adaptif rantai pasok balik multistap agroindustri herbal?

1.3 Tujuan

Dengan harapan dapat turut serta berkontribusi dalam peningkatan daya saing industri melalui ketersediaan rantai pasok yang efektif dan efisien, tujuan umum penelitian ini adalah merancang model stokastik rantai pasok balik multistap agroindustri herbal berbasis kontrak adaptif. Adapun tujuan khusus penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis dan mendesain model proses bisnis rantai pasok balik multistap pada agroindustri herbal.
2. Mendesain model formulasi optimasi rantai pasok balik multistap pada agroindustri herbal dengan multiparameter ketidakpastian.
3. Mendesain model kontrak adaptif rantai pasok balik multistap agroindustri herbal.

1.4 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari rancangan model stokastik rantai pasok balik multistap agroindustri herbal berbasis kontrak adaptif ini adalah sebagai berikut:

1. Secara teoretis memberikan kontribusi dalam pengembangan model rantai pasok balik multistahap khususnya pada rantai pasok agroindustri herbal dengan mempertimbangkan faktor-faktor ketidakpastian.
2. Model yang dirancang bermanfaat bagi perusahaan dalam menentukan kebijakan pengadaan bahan baku, produksi dan kebijakan distribusi untuk peningkatan daya saing melalui efisiensi penggunaan bahan baku dan efektivitas pasokan.
3. Penelitian ini berkontribusi untuk meningkatkan kinerja rantai pasok melalui integrasi dan koordinasi rantai pasok di setiap tahapannya.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Produk herbal pada penelitian ini kapsul herbal sambiloto..
2. Objek penelitian rantai pasok agroindustri herbal adalah di wilayah Jawa Tengah.
3. Tahapan rantai pasok balik agroindustri herbal meliputi pemasok, pabrik, dan distributor.
4. Faktor ketidakpastian meliputi stokastik, *fuzzy*, dan markov.
5. Proses *reverse* meliputi produk utama, produk sekunder dan tersier.
6. Rancangan model kontrak mencakup variabel kontrak awal dan aktual untuk setiap tahapan rantai pasok.
7. Model desain kontrak dibatasi pada klausul kontrak konsep awal dalam 3 tahapan siklus yaitu 1) Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi permintaan; 2) Membuat atau membeli, bila membeli maka bagaimana strategi penetapan sumber bahan baku; 3) Proses penetapan sumber bahan baku dan penawaran kontrak

1.6 Kebaruan

Kebaruan yang dihasilkan pada penelitian ini adalah:

1. Model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal dalam multiparameter ketidakpastian.
2. Model optimasi stokastik *hybrid fuzzy* rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal yang mengakomodir berbagai faktor ketidakpastian.
3. Model kontrak adaptif dalam multiparameter ketidakpastian untuk peningkatan kinerja rantai pasok agroindustri herbal.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rantai Pasok Balik Multitahap

2.1.1 Rantai Pasok

Rantai pasok adalah interaksi beberapa pihak yang saling berkaitan dan berurutan dalam suatu jaringan yang melibatkan perpindahan barang dan atau jasa untuk suatu tujuan tertentu. Ada 3 (tiga) komponen utama ciri khas suatu rantai pasok yang dinamis yaitu perpindahan konstan dari informasi, produk, dan uang (Chopra dan Meindl 2007). Adanya keterbatasan sumber daya dan makin kompleksnya tingkat permasalahan yang dihadapi akibat ketidakpastian *demand* menuntut adanya manajemen rantai pasok yang efektif dan efisien. Manajemen rantai pasok/*Supply Chain Management (SCM)* didefinisikan sebagai serangkaian pendekatan yang digunakan untuk mengintegrasikan pemasok, produsen, gudang, dan gerai sehingga barang dagangan diproduksi dan didistribusikan secara efektif dan efisien (Simchi-Levi *et al.* 2004). SCM adalah manajemen aliran material di dalam maupun di antara komponen fasilitas antara lain vendor, pabrik manufaktur/perakitan dan pusat distribusi (Thomas dan Griffin 1996).

Perencanaan alokasi sumber daya dalam Supply Chain (SC) sangat penting bagi keberhasilan produsen, gudang dan pengecer. Pengertian lain rantai pasok adalah suatu kumpulan elemen kegiatan atau jaringan kerja sama pengadaan barang atau jasa yang berkerja sama dan saling terkait satu sama lain untuk membuat dan menyalurkan barang atau jasa. Sedangkan struktur rantai pasok adalah susunan suatu kumpulan elemen kegiatan atau jaringan kerja sama pengadaan barang atau jasa yang berkerja sama dan saling terkait satu sama lain untuk membuat dan menyalurkan barang atau jasa (Maulani *et al.* 2014). Bahasa Model Terpadu/*Unified Modeling Language (UML)* adalah salah satu metode yang dapat digunakan untuk dapat menggambarkan model desain rantai pasok yang berorientasi pada objek serta penelusuran proses bisnis rantai pasok yang memungkinkan dilakukannya perolehan, penyimpanan, dan penuluruhan data secara efektif dan efisien (Manikas dan Manos 2008).

2.1.2 Model Rantai Pasok

Berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi telah memungkinkan terciptanya solusi atas berbagai permasalahan rantai pasok melalui terciptanya metode-metode optimalisasi kinerja rantai pasok. Beberapa metode yang ditawarkan untuk optimalisasi kinerja rantai pasok antara lain yaitu: model optimasi yang tangguh terhadap permasalahan ketidakpastian; model optimasi rantai pasok dengan multiperiode, multieselon, multitahap; model rantai pasok loop tertutup; dan lain sebagainya.

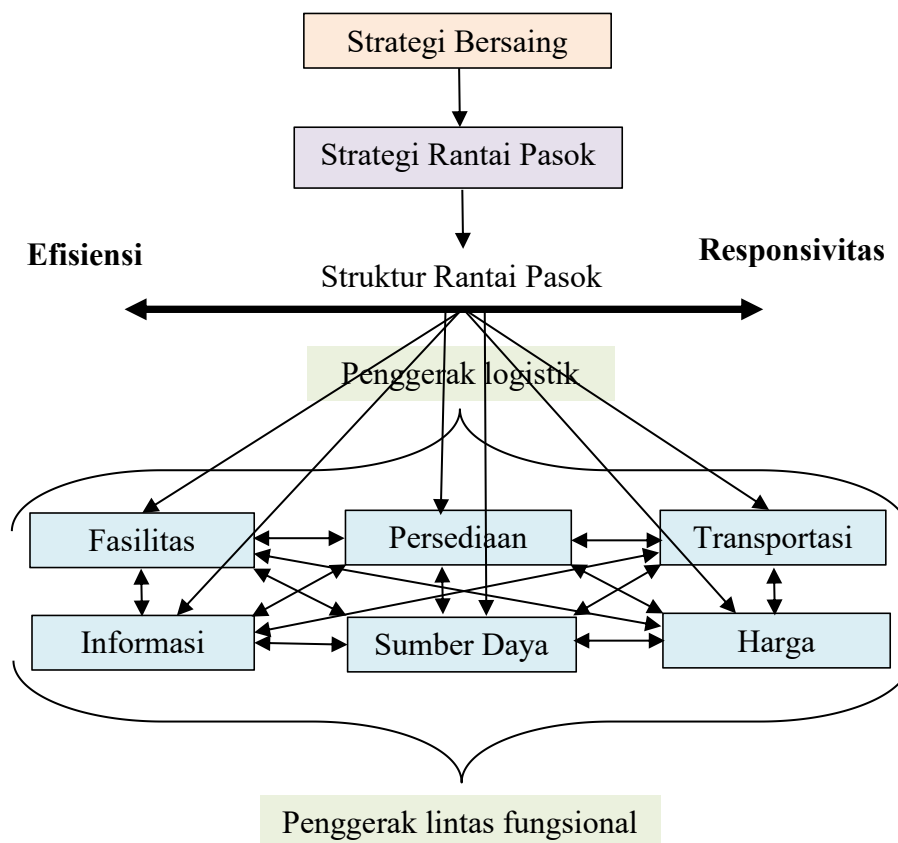
Salah satu komponen utama pada aktivitas perencanaan perusahaan manufaktur adalah desain dan operasional rantai pasok yang efisien. Perencanaan level strategis pada rantai pasok meliputi keputusan dalam hal konfigurasi jaringan, seperti jumlah, lokasi, kapasitas dan teknologi fasilitas yang digunakan. Sedangkan perencanaan rantai pasok pada level operasional meliputi keputusan jumlah agregat dan pengadaan bahan baku, proses dan distribusi produksi. Konfigurasi strategis rantai pasok yang melibatkan penggunaan modal sumber daya yang tidak sedikit adalah faktor kunci

operasional taktis yang efisien dan berdampak jangka panjang terhadap kinerja perusahaan sehingga kesalahan dalam penentuan konfigurasi akan menimbulkan risiko jangka panjang. Untuk itu telah banyak dilakukan penelitian tentang pemodelan desain rantai pasok yang efisien dan efektif dengan harapan dapat meminimasi risiko rantai pasok. Masalah optimasi pada dasarnya meminimalkan atau memaksimalkan fungsi tujuan. Memaksimalkan suatu fungsi tujuan sama artinya meminimalkan negatif dari fungsi tujuan, disamping adanya kendala seringkali membatasi hasil yang diperoleh (Parhusip 2014). Berbagai model optimasi rantai pasok telah banyak diterapkan dalam berbagai permasalahan operasional rantai pasok seperti model multieselon, *direct* dan *retail channels* (Dumrongsiri *et al.* 2008), *multiperiod*, maupun *multiproduct* yang bersifat stokastik seperti pada *waste generation* (Zhang *et al.* 2014) maupun yang bersifat non stokastik.

Penerapan model rantai pasok dalam aspek distribusi di antaranya adalah pengurangan biaya rantai pasok dengan mempertimbangkan variabel transportasi dan biaya emisi karbon pada beberapa pengiriman yang melibatkan tiga lapisan rantai pasok yaitu pemasok, pihak manufaktur, dan multipengecer. Sistem Koordinasi diterapkan pada waktu siklus multiinteger dalam sistem persediaan sehingga tuntutan permintaan dapat dipenuhi dengan cara *just in time* dan pengecer pun dapat menghemat biaya penyimpanan (Sarkar *et al.* 2016). Integrasi rantai pasok juga dapat dilakukan untuk meminimasi biaya rantai pasok melalui pengaturan waktu tunggu pemesanan/*lead time*, titik pemesanan kembali, sehingga diperoleh biaya *set up* yang optimal (Sarkar dan Majumder 2013). Model pemrograman linear campuran/*mixed linear programming model*, multiperiode, multistap dan tujuan multipilihan di bawah kendala manajemen persediaan diformulasikan dengan pemrograman linear integer campuran 0-1 untuk menentukan lokasi penjualan sehingga dapat memuaskan konsumen. Model diformulasikan dengan tujuan antara lain meminimalkan jumlah biaya transportasi di semua tahap, meminimalkan biaya investasi, biaya penyimpanan persediaan dan pemesanan kembali (Paksoy dan Chang 2010).

Gambar 1 memperlihatkan kerangka kerja visual untuk pengambilan keputusan rantai pasok yang umumnya berawal dari strategi bersaing kemudian diturunkan menjadi strategi rantai pasok. Strategi rantai pasok akan menentukan bagaimana rantai pasok harus dilakukan sehubungan dengan efisiensi dan daya tanggap. Rantai pasok dioperasikan dengan tiga arah penggerak (*drivers*) logistik yaitu fasilitas (dengan metrik antara lain: kapasitas, utilisasi, teori aliran/waktu siklus produksi, rata-rata waktu siklus/aliran aktual, efisiensi waktu aliran, variasi produk), persediaan (dengan metrik antara lain: rata-rata persediaan, produk dengan waktu persediaan melebihi batas waktu tertentu, rata-rata ukuran pengisian kelompok persediaan, rata-rata jumlah persediaan aman, persediaan musiman, tingkat pengisian kembali, waktu *stockout*), transportasi (dengan metrik antara lain: rata-rata biaya transportasi *inbound*, rata-rata ukuran kiriman *inbound*, rata-rata ongkos transportasi *inbound* per jumlah pengiriman, rata-rata ongkos transportasi *outbound*, rata-rata ukuran kiriman *outbound*) dan tiga arah penggerak (*drivers*) lintas fungsi yaitu informasi (dengan metrik antara lain: horizon peramalan, frekuensi pembaruan, frekuensi kesalahan, faktor musiman, variansi dari rencana, rasio

variabilitas permintaan terhadap variabilitas pesanan), sumber (dengan metrik antara lain: jumlah hari pelunasan utang, rata-rata harga pembelian, rentang harga pembelian, rata-rata jumlah pembelian, fraksi pengiriman tepat waktu, kualitas pasokan, waktu tunggu pasokan) dan harga (dengan metrik antara lain: margin keuntungan, jumlah hari pelunasan piutang, tambahan biaya tetap per pesanan, tambahan biaya variabel per pesanan, rata-rata harga jual, rata-rata jumlah pesanan, rentang harga jual, rentang periode penjualan) untuk mencapai tingkat kinerja yang ditetapkan dalam strategi rantai pasok dan untuk memaksimalkan keuntungan rantai pasok. Meskipun kerangka kerja ini umumnya bekerja dari atas ke bawah, dalam banyak kasus studi tentang enam arah (penggerak) dapat mengindikasikan kebutuhan untuk mengubah strategi rantai pasok dan bahkan berpotensi pada perubahan strategi bersaing (Chopra dan Meindl 2007).



Gambar 1 Kerangka pengambilan keputusan rantai pasok (sumber : Chopra dan Meindl 2007)

2.1.3 Rantai Pasok Multitahap

Rantai pasok multitahap/multieselon terjadi ketika produk melewati lebih dari satu tahapan sebelum sampai ke konsumen akhir (Pal *et al.* 2012). Sistem manajemen pembuangan limbah padat multieselon multiperiod/multi-echelon *multi-period solid waste management system (MSWM)* adalah salah satu contoh sistem integrasi rantai pasok yang melibatkan pihak manufaktur, pemasok, industri, dan distributor dalam suatu rantai pasok yang bersifat

multieselon, multiperiode untuk dalam hal strategi perencanaan dan operasional bersama sehingga dapat dicapai tingkat produktivitas yang optimal dengan kapasitas yang terbatas (Zhang *et al.* 2014).

2.1.4 Rantai Pasok Balik

Supply Chain Management (SCM) diterapkan dengan tujuan untuk meningkatkan respon perusahaan terhadap kebutuhan pasar yang terus berubah. SCM mencakup perencanaan dan manajemen dari semua kegiatan yang terlibat dalam pengelolaan sumber, pengadaan, konversi, dan manajemen logistik serta koordinasi dan kolaborasi antar pelaku rantai pasok meliputi pemasok, perantara, penyedia layanan pihak ketiga, dan pelanggan. SCM mengintegrasikan manajemen permintaan dan penawaran baik di dalam maupun di luar perusahaan. Manajemen distribusi dalam rantai pasokan adalah proses mendapatkan barang atau jasa dari sumbernya ke pengguna akhir. Secara teoretis, rantai distribusi adalah sekumpulan orang yang melakukan semua fungsi yang diperlukan untuk memindahkan suatu produk atau layanan dari produsen atau penyediannya kepada pelanggan maupun pelanggan potensial. Manajemen distribusi mencakup bidang pemasaran, operasi, manajemen, penjualan, logistik dan distribusi (Kuo dan Han 2011).

Rantai pasokan maju/*Forward supply chain* adalah salah satu jaringan fasilitas dan distribusi sebagai fungsi pengadaan material, mentransformasikan ke dalam bentuk produk setengah jadi maupun produk jadi, serta mendistribusikannya kepada konsumen. Rantai pasok meliputi organisasi baik di bidang barang maupun jasa meskipun kompleksitas di setiap rantai sangatlah tinggi baik antar perusahaan maupun antar industri. Optimasi jaringan rantai pasok pada lingkungan bisnis yang sesungguhnya tidaklah mudah. Hal tersebut dikarenakan pihak manufaktur sebagai pemegang kendali rantai pasok dipengaruhi oleh ketidakpastian pasokan dan permintaan ditambah dengan konflik tujuan dan konsekuensi para pelaku rantai pasok disepanjang rantai pasok. Kebalikan dari *forward supply chain* adalah *reverse supply chain*. *Reverse supply chain* adalah jaringan fasilitas dan distribusi yang fokus pada aliran kembali material dari konsumen kepada pemasok (Kannan *et al.* 2010). Aktivitas eksternal seperti pengadaan yang berkelanjutan dan logistik balik/*reverse logistics* memiliki dampak secara tidak langsung dan tidak signifikan terhadap kinerja perusahaan sebaliknya akan berdampak langsung secara signifikan terhadap aktor lain pada rantai pasok seperti pemasok (Pezhman *et al.* 2019). Adapun tujuan dari manajemen rantai pasok adalah untuk mengkoordinasikan dan mengkolaborasikan para pelaku rantai pasok secara optimal (Kuo dan Han 2011) utamanya dalam permasalahan disrupti pasokan.

Seiring berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang berdampak secara positif terhadap pertumbuhan industri disisi lain dampak negatif pun tidak dapat dielakkan yaitu dengan adanya pencemaran lingkungan akibat dari sisa produksi maupun konsumsi yang tidak terpakai. Untuk memenuhi persyaratan tersebut, perusahaan makin fokus pada pengembangan praktik keberlanjutan dan menciptakan rantai pasokan balik untuk mengembalikan kembali nilai tambah dan untuk menyediakan metode pembuangan yang tepat. Serangkaian mekanisme telah diidentifikasi yang mengkoordinasikan pasokan ke depan (hilir). Mekanisme yang digunakan meliputi antara lain kontrak,

teknologi informasi, berbagi informasi, dan pengambilan keputusan bersama dapat pula diterapkan untuk mengkoordinasikan rantai pasokan balik. Di antara mekanisme koordinasi ini, kontrak adalah suatu alat yang dirancang untuk memfasilitasi interaksi antara anggota yang berbeda dari rantai pasok dan untuk memotivasi peserta untuk berperilaku yang terbaik untuk kepentingan jaringan pasokan (memaksimalkan keuntungan total rantai pasok) (Govindan dan Popiuc 2013).

Peranan CLSC sangat besar manfaatnya di dalam meminimalisir risiko rantai pasok terkait dengan output yang belum sepenuhnya dimanfaatkan yang dapat menyebabkan kerugian tidak hanya bagi pelaku rantai pasok tapi juga lingkungan di sekitarnya. Rantai pasokan maju pada dasarnya melibatkan pergerakan barang/produk dari pemasok hulu ke pelanggan hilir. Rantai pasokan balik melibatkan pergerakan produk bekas/tidak terjual dari pelanggan ke rantai pasokan hulu, untuk kemungkinan daur ulang dan digunakan kembali. Melihat dari alur pergerakannya dapat dikatakan bahwa rantai pasokan balik sebagai bagian dari kesatuan rantai pasokan maju yang terintegrasi, yang dapat berkontribusi sama yaitu menurunkan biaya keseluruhan dan memenuhi regulasi yang ada. Oleh karena itu, pentingnya cara pandang terhadap pembuatan model dan analisis rantai pasokan siklus tertutup sebagai suatu sistem secara menyeluruh, tanpa memisahkan antara rantai pasokan maju maupun balik (Kannan *et al.* 2010).

Manajemen rantai pasok balik/*reverse supply chain* adalah salah satu isu terpenting dalam hal manajemen yang makin menjadi perhatian bagi pemerintah, perusahaan dan pelanggan, selama beberapa tahun terakhir. Alasan utama meningkatnya perhatian ini terutama karena regulasi yang dikeluarkan oleh pemerintah dan regulasi yang terkait dengan lingkungan sehingga mendorong pengurangan biaya pasokan keseluruhan serta peningkatan kepuasan pelanggan (Javid *et al.* 2019). Masalah dan tantangan manajemen mutu dalam konteks rantai pasok balik/*reverse supply chain* telah menjadi perhatian yang meningkat selama beberapa tahun terakhir. Istilah "kualitas" dicerminkan oleh harga remanufaktur, berbagai proses remanufaktur, dan biaya atau harga pemasaran ulang (Amy dan Jing 2019).

Salah satu permasalahan rantai pasok balik adalah desain rantai pasok siklus tertutup yang merupakan permasalahan dalam hal infrastruktur meliputi pengambilan keputusan tentang jumlah, lokasi, kapasitas, koordinasi fasilitas, aliran dalam jaringan, nilai pembelian dan produksi, dan penyimpanan persediaan untuk memperoleh optimasi seluruh operasi rantai pasok (Baghalian *et al.* 2013). Dalam dekade terakhir di mana peningkatan tingkat kepentingan dalam hal pencapaian manfaat ekonomis dan dampak lingkungan dari limbah/sisa penggunaan produk yang dibuang, menjadikan desain rantai pasok siklus tertutup sebagai pilihan alternatif utama dalam pengembangan usaha (Pishvae dan Razmi 2012) karena rantai pasok siklus tertutup meliputi kegiatan operasional pemulihan (*recovery*), daur ulang, remanufaktur dan operasi pembuangan (Devika 2014). Desain rantai pasok tertutup yang memadukan rantai pasokan maju dan balik telah memberikan kontribusi yang signifikan dalam mengurangi biaya, meningkatkan tingkat layanan, dan menanggapi masalah lingkungan (Winkler 2011; Ramezani *et al.* 2013; Zeballos *et al.* 2014; Devika *et al.* 2014; Hatevi dan Jolai 2014). Dalam

penerapannya pada pengambilan keputusan, model desain rantai pasok siklus tertutup memfasilitasi banyak jenis ketidakpastian termasuk ketidakpastian acak dan *fuzzy* (Peidro *et al.* 2009; Pishvaei *et al.* 2011; Baghalian *et al.* 2013; Tabrizi dan Razmi 2013). Pada model desain rantai pasok klasik, diasumsikan bahwa kapasitas, permintaan, dan biaya ditentukan dalam ukuran yang pasti sedangkan dalam realitas masalah parameter desain rantai pasok tidak diketahui secara pasti. Dalam model desain rantai pasok tertutup untuk memfasilitasi ketidakpastian ditetapkan skenario sebagai produk Cartesian (Kasperski dan Kulej 2009) melalui dua pendekatan yaitu representasi ketidakpastian diskrit dan representasi ketidakpastian interval. Ketidakpastian diskrit ditentukan secara eksplisit melalui probabilitas yang sesuai untuk masing-masing parameter. Representasi ketidakpastian interval dilakukan dengan mendefinisikan interval nilai yang mungkin untuk setiap parameter. Representasi ketidakpastian dibatasi pada suatu fungsi distribusi kemungkinan atau probabilitas. Representasi ketidakpastian diskrit dimodelkan dengan mempertimbangkan beberapa kejadian tak terduga yang memiliki pengaruh global dan utama pada sistem yang dipertimbangkan seperti pengaruh munculnya pesaing baru, perubahan pola penggunaan pelanggan, krisis ekonomi dan fluktuasi terhadap permintaan. Representasi ketidakpastian interval berhubungan dengan sifat parameter yang tidak tepat seperti permintaan yang tidak pasti, persediaan, produksi dan biaya pengiriman, kapasitas, dan waktu tunggu (Baghalian *et al.* 2013).

Tujuan utama pada persoalan desain rantai pasok siklus tertutup adalah minimasi biaya total rantai pasok melalui optimasi penentuan jumlah dan lokasi fasilitas, kapasitas, tipe teknologi yang digunakan, dan aliran produk di antara setiap fasilitas dengan level persediaan di bawah kondisi real yang tidak pasti. Pada kondisi di mana permintaan dan biaya dipengaruhi oleh kejadian yang sulit diperkirakan seperti situasi ekonomi yang dinamis, kemunculan pemain baru dan perubahan pola permintaan, sulitnya peramalan yang akurat terhadap distribusi permintaan dan biaya produk baru pada masa yang akan datang. Dalam hal ini stabilitas probabilitas distribusi bersifat tidak pasti, terlebih pada perencanaan horizon waktu multiperioda. Meskipun data cukup tersedia untuk memperkirakan skenario yang ada, probabilitas distribusi untuk peramalan permintaan di masa yang akan datang serta ongkos untuk produk baru pada setiap skenario tidak dapat ditentukan secara pasti. Dengan demikian perlu dilakukan pendekatan kemungkinan/*possibilistic* dalam memformulasikan ketidakpastian kuantitas di setiap skenario (Farrokh *et al.* 2018).

2.2 Model Stokastik *Fuzzy*

Masalah ketidakpastian menjadi salah satu faktor yang perlu mendapatkan perhatian khusus dalam melakukan pemodelan rantai pasok. Ketidakpastian dalam permintaan dan penawaran telah menyebabkan model deterministik rantai pasok kurang relevan lagi untuk diterapkan. Model multistadial dengan mempertimbangkan ketidakpastian yang direpresentasikan dalam multiskenario produksi merupakan salah satu model stokastik rantai pasok yang mampu memberikan keandalan model lebih baik dibandingkan dengan model deterministik rantai pasok yang didalamnya melibatkan variabel dengan unsur

ketidakpastian. Model dibuat dengan mempertimbangkan minimasi total biaya investasi dan variansi biaya untuk meminimumkan risiko rantai pasok (Azaron *et al.* 2018).

Ketidakpastian digambarkan dalam bentuk gambaran skenario kejadian yang memiliki tingkat kemungkinan kejadian yang berbeda (stokastik). Berbagai kemungkinan kejadian (skenario) yang terjadi pada tahap pertama yang akan mempengaruhi kejadian pada tahap berikutnya diidentifikasi dan ditentukan besaran kemungkinan terjadinya. Dengan memasukkan berbagai kemungkinan kejadian yang mungkin terjadi ke dalam pengambilan keputusan, hasil keputusan yang diaplikasikan akan bersifat lebih fleksibel dan andal bila dibandingkan hanya memutuskan berdasarkan pada satu kejadian deterministik saja yang mungkin memiliki tingkat kemungkinan yang kecil. Contoh penggunaan skenario dalam pengambilan keputusan yang bersifat multistage adalah model keputusan lokasi dan transportasi dengan mempertimbangkan ketidakpastian pasokan dan penggunaan teknologi yang digambarkan ke dalam beberapa skenario (Marufuzzaman *et al.* 2014).

Ada dua macam ketidakpastian yaitu ketidakpastian probabilistik dan ketidakpastian *fuzzy*. Ketidakpastian *fuzzy* direpresentasikan dengan berbagai macam model *fuzzy* di antaranya fungsi keanggotaan/*membership function* (Zadeh, 1965), *triangular fuzzy number (TFN)*, *trapezoidal fuzzy number*, *trapezoidal approximation of fuzzy number* (Adriana 2012), *triangular fuzzy matrices (TFMs)*. TFMs adalah salah satu metode evaluasi determinasi yang efisien (Shyamal dan Pal, 2006). Ketidakpastian rantai pasok telah menimbulkan efek disruptif yang cukup signifikan utamanya dalam hal permintaan dan penawaran. Fleksibilitas rantai pasok adalah salah satu contoh bentuk respon terhadap permasalahan ketidakpastian tersebut. Melalui fleksibilitas rantai pasok kinerja rantai pasok dapat dipertahankan dan bahkan ditingkatkan di dalam lingkungan bisnis yang tidak pasti. Model fleksibilitas rantai pasok dapat dikembangkan dengan meliputi fleksibilitas tenaga kerja, fleksibilitas mesin, fleksibilitas *routing*, dan teknologi informasi. Output dari model dapat membantu dalam membuat keputusan produksi yang sesuai untuk menghasilkan beberapa produk di bawah lingkungan yang tidak pasti (Gong 2008). Berbagai model lainnya disamping model fleksibilitas untuk solusi masalah ketidakpastian di antaranya yaitu model Interval Tipe-2 Logika Fuzzy/*Interval Type-2 Fuzzy Logic (IT2FL)*. Dapat diyakini bahwa cakupan tingkat ketidakpastian yang difasilitasi oleh Interval Tipe-2 Logika Fuzzy akan memungkinkan representasi yang lebih baik dikarenakan adanya faktor ketidakpastian dan ketidakjelasan dalam model perencanaan sumber daya. Model rantai pasok multistage IT2FL memungkinkan memodelkan ketidakpastian yang ada dalam operasi rantai pasok, memungkinkan pengguna memasukkan data yang tidak pasti. Manfaat yang ditawarkan dalam hal pengelolaan ketidakpastian pada model IT2FL dipercaya lebih baik bila dibandingkan dengan model Logika Fuzzy Tipe 1/*Type-1 Fuzzy Logic (T1FL)*. IT2FL memberikan gambaran model secara lebih terinci melalui input skenario serta menyederhanakan kompleksitas perhitungan yang ditawarkan Logika Fuzzy Tipe 2/*Type-1 Fuzzy Logic (T2FL)* (Miller dan John 2010). SCM juga memungkinkan didalam pengambilan keputusan pemilihan strategi seperti strategi negosiasi yang efektif berdasarkan pada aspek-aspek etika negosiasi yang tidak menentu (Simangunsong *et al.* 2016).

Dalam rantai pasok balik/*reverse supply chain* ada dua sumber ketidakpastian yaitu ketidakpastian dalam kualitas produk yang dikembalikan dan ketidakpastian dalam kapasitas remanufaktur (Jafar dan Maryam 2018). Ketidakpastian dalam hal permintaan berpengaruh pada ketidakpastian sumber dana dan fasilitas yang harus disediakan yang pada akhirnya berdampak pula pada kualitas/deteriorasi produk yang dikirim. Optimasi periode siklus rantai pasok dan pembayaran yang dipengaruhi oleh ketidakpastian kualitas produk diharapkan dapat meminimasi biaya moneter rantai pasok, Model integrasi produksi-perdagangan diformulasikan secara *fuzzy* random menggunakan metode algoritma genetika/Genetic Algorithm (GA) dan mempertimbangkan aspek lingkungan yang bersifat bifuzzy. Analisis sensitivitas disajikan di bawah tingkat deteriorasi produk yang berbeda (Chakraborty *et al.* 2015).

Pendekatan berbasis skenario digunakan dalam pemodelan rantai pasok untuk merespon ketidakpastian variabel. Skenario pasar dan skenario jaringan rantai pasok adalah contoh pendekatan berbasis skenario yang bisa digunakan untuk memecahkan permasalahan optimasi profit rantai pasok, sehingga dapat diperoleh variabel-variabel yang perlu diperhatikan untuk fleksibilitas rantai pasok pada setiap skenario yang ada (Mansoornejad *et al.* 2013).

Metode lainnya yang dapat digunakan dalam permasalahan ketidakpastian adalah metode matriks *fuzzy* dan polinomial. Kelebihan metode ini adalah mampu memberikan nilai untuk pengambilan keputusan terhadap permasalahan yang bersumber pada variabel keputusan dengan unsur ketidakpastian (bilangan *fuzzy*). Matriks *fuzzy* merupakan pengembangan bilangan *fuzzy* dengan penambahan informasi fungsi keanggotaan atau bilangan *fuzzy* sehingga dapat diaplikasikan dengan tingkat keyakinan yang lebih baik (Campos dan Penafiel 2016). Model pemrograman andal stokastik *fuzzy/robust fuzzy stochastic programming (RFSP)* adalah model desain jaringan rantai pasok tertutup dengan faktor ketidakpastian yang kompleks, yang mencakup dua sumber ketidakpastian untuk sebagian besar parameter, sehingga memerlukan penguatan model untuk menghasilkan keputusan yang andal. Sumber pertama adalah bahwa beberapa parameter yang tidak pasti mungkin didasarkan pada skenario masa depan sesuai dengan tingkat kemungkinan terjadinya. Sumber kedua adalah bahwa nilai-nilai parameter dalam setiap skenario biasanya bukan angka yang pasti dan memiliki distribusi kemungkinan/*possibilistic*. Keputusan yang andal dapat memfasilitasi lebih baik dalam hal nilai rata-rata dan variabilitas fungsi tujuan. RFSP memfasilitasi dua jenis variabilitas yang disebut variabilitas skenario dan variabilitas kemungkinan/*possibilistic*. Teori kemungkinan digunakan untuk memilih solusi dalam masalah ketidakpastian dan pendekatan RFSP dapat memberikan manfaat lebih seperti dalam hal penentuan lokasi pabrik sehingga diperoleh biaya tahunan terendah (Farrokh *et al.* 2018). Ketidakpastian permintaan atau permintaan yang bersifat stokastik tidak hanya berpengaruh pada kinerja rantai pasok dari aspek operasional tapi juga berpengaruh pada bentuk kerja sama yang diformalkan ke dalam bentuk kontrak rantai pasok. Melalui model optimasi stokastik rantai pasok dapat diperoleh harga jual optimum dengan mempertimbangkan jumlah pemesanan yang bersifat stokastik sehingga tercapai keuntungan yang optimum yang selanjutnya dapat dituangkan dalam kesepakatan/kontrak rantai pasok antara penjual dengan pembeli (Zhao *et al.* 2015).

Model markov adalah salah satu contoh model stokastik yang digunakan untuk memodelkan suatu sistem yang dinamis secara semu acak. Model ini mengasumsikan bahwa keadaan masa depan hanya bergantung pada keadaan saat ini, bukan pada peristiwa yang terjadi sebelumnya. Teori rantai Markov pertama kali dikemukakan oleh Prof. Andrei A. Markov pada tahun 1906, seorang matematikawan dari Rusia. Rantai Markov (*Markov Chain*) adalah suatu teknik matematika yang bisa digunakan untuk pembuatan model bermacam-macam sistem dan proses bisnis. Teknik ini dapat digunakan untuk memperkirakan perubahan-perubahan di waktu yang akan datang dalam variabel-variabel dinamis atas dasar perubahan-perubahan dari variabel-variabel dinamis tersebut di waktu yang lalu. Teknik ini dapat juga digunakan untuk menganalisis kejadian-kejadian diwaktu mendatang secara matematis (Ahmad *et al.* 2019). Asumsi dasar markov mengatakan bahwa transisi masing-masing keadaan hanya bergantung pada keadaan sebelumnya di awal model sebagai dasar Matriks Transisi Markov. Matriks ini banyak digunakan untuk analisis data dalam berbagai jenis bidang (Kong *et al.* 2018).

2.3 Agroindustri Herbal

2.3.1 Pasar Herbal

Telah berabad-abad lamanya obat herbal digunakan untuk berbagai tujuan/kepentingan dan dipercaya memiliki banyak keunggulan dalam berbagai aspek seperti aspek keamanan, kemanjuran, penerimaan budaya dan efek samping yang lebih sedikit. Produk tanaman dan tanaman telah dimanfaatkan dengan berbagai keberhasilan untuk menyembuhkan dan mencegah penyakit sepanjang sejarah (Sharma *et al.* 2008). Obat tradisional herbal dengan tujuan untuk promotif, preventif, kuratif maupun rehabilitatif telah dikenal oleh masyarakat Indonesia secara turun temurun. Obat tradisional herbal atau dikenal sebagai jamu merupakan ramuan yang dapat dibuat sendiri, diolah oleh penjual jamu gendong atau berasal dari produk industri. Berdasarkan cara pembuatan, klaim penggunaan, tingkat pembuktian khasiat, produk agroindustri farmasi dikelompokkan menjadi : a) jamu, yakni ramuan tradisional yang secara empiris dibuktikan khasiatnya, b) herbal terstandar yakni obat tradisional yang telah melalui uji pra klinik, dan c) fitofarmaka yakni obat tradisional yang telah melalui uji klinik sehingga dapat digunakan pada pelayanan kesehatan formal.

Pasar internasional untuk obat herbal mencakup produk herbal dan bahan baku telah menunjukkan pertumbuhan yang cukup signifikan sebesar 5 (lima) hingga 15%. Total pasar internasional obat herbal diperkirakan berkisar US \$62 milyar pada tahun 2010 dan bertumbuh hingga US \$5 trilyun pada tahun 2050 (Citarasu 2010). Potensi tanaman obat, kosmetik, dan aromatik cukup signifikan di Tanah Air dengan jumlah sekitar 30 ribu spesies. Indonesia merupakan negara penghasil tanaman obat terbesar setelah Brasil. Dari sekitar 30 ribu tanaman herbal yang dimiliki baru 13.000 jenis tanaman yang dimanfaatkan untuk kebutuhan pengobatan pencegahan maupun penyembuhan. Pemanfaatan 13.000 tanaman herbal tersebut masih untuk jamu yang sifatnya hanya preventif dan promotif. Sementara penggunaan untuk produksi obat herbal terstandar (OHT) dan fitofarmaka yaitu sediaan obat bahan alam yang telah dibuktikan keamanan dan khasiatnya secara ilmiah dengan uji praklinis

dan uji klinis bahan baku serta produk jadinya telah di standarisir baru sekitar 500 tanaman herbal yang dimanfaatkan.

Anggapan bahwa produk herbal memiliki efek negatif yang lebih kecil bila dibandingkan produk kimia lainnya telah menjadikan penggunaan produk herbal meluas ke banyak negara. Tanaman herbal memiliki banyak manfaat lebih dibandingkan produk lainnya dalam berbagai hal di antaranya dalam hal peningkatan pertumbuhan sel-sel/organisme, imunostimulasi, antistres, antibakteri, antijamur, antiviral, stimulator nafsu makan dan afrodisiak (Citarasu 2010). Pada Tahun 2017 industri herbal dalam negeri mengalami pertumbuhan sebesar 10% dari tahun sebelumnya. Peta persaingan pasar industri herbal masih didominasi oleh produk dalam negeri. Saat ini di Indonesia terdapat 986 industri herbal yang terdiri dari 102 Industri Obat Tradisional (IOT), dan selebihnya termasuk Usaha Kecil Obat Tradisional (UKOT) yang tersebar di Pulau Jawa. Industri herbal mampu menyerap tenaga kerja lebih kurang 15 juta tenaga kerja. Herbal juga menjadi salah satu industri yang akan menggerakkan perekonomian nasional pada masa depan (Kemenperin 2017).

2.3.2 Standardisasi Produk Kesehatan Herbal

Selama berabad-abad hampir setiap peradaban manusia yang mengenal telah menggunakan obat herbal sebagai obat yang efektif untuk pencegahan dan perawatan berbagai kondisi kesehatan seperti eksim, luka, infeksi kulit, pembengkakan, penuaan, penyakit mental, kanker, asma, diabetes, penyakit kuning, kudis, penyakit kelamin, gigitan ular, tukak lambung, dan lain sebagainya. Hal tersebut terutama dikarenakan kepercayaan umum bahwa obat herbal tidak memiliki efek samping, murah, dan tersedia secara lokal. Seiring meningkatnya permintaan obat herbal muncul peningkatan kekhawatiran tentang keselamatan, standardisasi, khasiat, kualitas, ketersediaan, dan komersialisasi produk herbal oleh pembuat kebijakan, profesional kesehatan, serta masyarakat umum (Mohd dan Iqbal 2019).

Meskipun penggunaan produk herbal memiliki efek negatif yang lebih kecil bila dibandingkan dengan penggunaan obat kimia lainnya, namun penggunaan produk herbal yang tidak sesuai dengan aturan penggunaan dapat menyebabkan efek kesehatan baik jangka pendek maupun jangka panjang. Berbagai penelitian efek negatif akibat penggunaan yang tidak sesuai dengan dosis pemakaian telah diidentifikasi dan ditemukan di lapangan dan dikaji dalam suatu studi pustaka/*literatur review* (Posadzki *et al.* 2013). Untuk itu telah dilakukan penelitian pengembangan terkait dampak negatif penggunaan produk herbal, cara penanganannya serta sosialisasinya baik dari produsen kepada konsumen, konsumen kepada produsen, maupun timbak balik di antara keduanya (Jordan *et al.* 2010) sehingga penggunaan produk herbal dapat berjalan dengan baik dan tumbuh secara berkelanjutan. Masalah kualitas obat-obatan herbal dikaitkan dalam banyak hal yang dapat diklasifikasikan ke dalam dua kategori yaitu eksternal dan internal. Masalah eksternal meliputi permasalahan kontaminasi (seperti logam beracun, residu pestisida, dan mikroba), pemalsuan, dan salah identifikasi terperinci. Sedangkan permasalahan internal meliputi kompleksitas dan tidak seragamnya bahan baku dalam produk herbal (Zhang *et al.* 2012). Pengembangan obat herbal hanya mungkin dilakukan melalui pengembangan standar produk herbal. Sistem

perawatan kesehatan akan menjadi lebih mahal kedepannya, untuk itu perlu dilakukannya pengembangan teknologi untuk memperkenalkan dan mengintegrasikan sistem herbal dalam perawatan kesehatan (Sharma *et al.* 2008).

Standardisasi obat-obatan herbal adalah proses meresepkan seperangkat standar atau karakteristik yang melekat, parameter konstan, definitif kualitatif dan nilai-nilai kuantitatif yang membawa jaminan kualitas, kemanjuran, keamanan dan reproduktifitas. Standardisasi adalah proses mengembangkan dan menerapkan standar teknis produk. Standar spesifik dikerjakan dengan eksperimen dan observasi, yang akan mengarah pada proses meresepkan satu set karakteristik yang ditunjukkan oleh obat herbal tertentu. Maka standardisasi adalah alat dalam proses kontrol kualitas. Beberapa masalah yang tidak berlaku untuk obat-obatan sintetis sering mempengaruhi kualitas obat-obatan herbal antara lain: Obat-obatan herbal biasanya campuran banyak sumber; pemakai aktif dalam banyak kasus tidak diketahui; metode analisis selektif atau senyawa referensi mungkin tidak tersedia secara komersial; bahan tanaman adalah variabel kimia dan alami; adanya kemo-varietas dan karsin kemo, sumber dan kualitas bahan baku bervariasi. Jaminan keamanan dan kemanjuran obat herbal membutuhkan pemantauan kualitas produk dari pengadaan bahan baku, pemrosesan hingga produk kemasan jadi (Oluyemisi *et al.* 2012).

Pengembangan teknologi tidak hanya diterapkan dalam hal pengembangan sistem produksi produk herbal itu sendiri (seperti manfaat dan risiko/dampak negatif terhadap pekerja saat proses produksi berlangsung (Fragoso *et al.* 2008)) namun juga sistem pendukung keputusan terkait dengan sistem pemasaran produk herbal. Sebagai contoh yaitu penerapan sistem pendukung pengambilan keputusan cerdas berbasis *website* dengan menggunakan metode *Green Supply Chain Operation Reference*, *Fuzzy Analytic Network Process* dan Algoritma Genetika untuk menentukan rute distribusi terpendek (Yuswanto *et al.* 2014).

Produk herbal yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah obat kategori obat herbal terstandar. Dipilihnya produk ini karena memiliki pasar yang cukup luas baik di dalam maupun luar negeri serta jaringan rantai pasok yang cukup memadai.

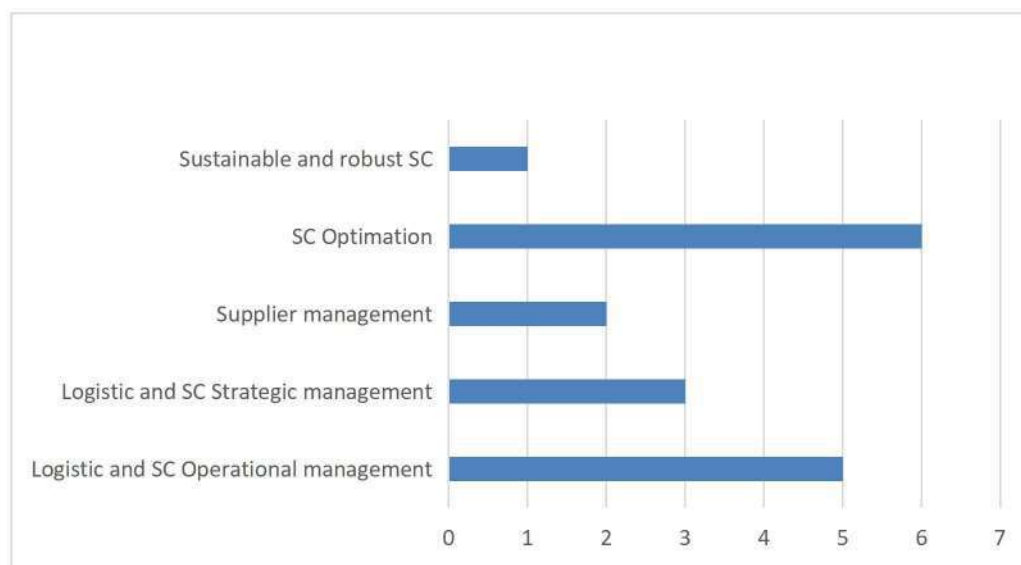
2.4 Kontrak

2.4.1 Kolaborasi Rantai Pasok

Pertumbuhan rantai pasok berjalan dengan pesat dapat dilihat dari munculnya pemasok yang tersebar luas dalam pasar global namun hal tersebut tidak otomatis disertai banyaknya pemasok yang digunakan pihak manufaktur. Persaingan yang ketat membuat perusahaan lebih memilih mempertahankan satu pemasok dengan bentuk kerja sama yang optimal. Hal tersebut dilakukan untuk meningkatkan keuntungan melalui pengurangan inefisiensi biaya rantai pasok (Gonzales 2015). Untuk menghasilkan suatu kolaborasi rantai pasok yang dapat merespon secara efektif berbagai perubahan pasar ada empat hal utama yang perlu diperhatikan untuk kemudian diintegrasikan menjadi suatu keunggulan yang mampu menjawab permasalahan ketidakpastian pasar. Empat hal tersebut yang menjadi mekanisme dalam kolaborasi rantai pasok antara lain

mekanisme kontrak, teknologi informasi, *sharing* informasi (rekayasa pengetahuan), dan inisiatif kolaborasi lainnya (Arshinder *et al.* 2008).

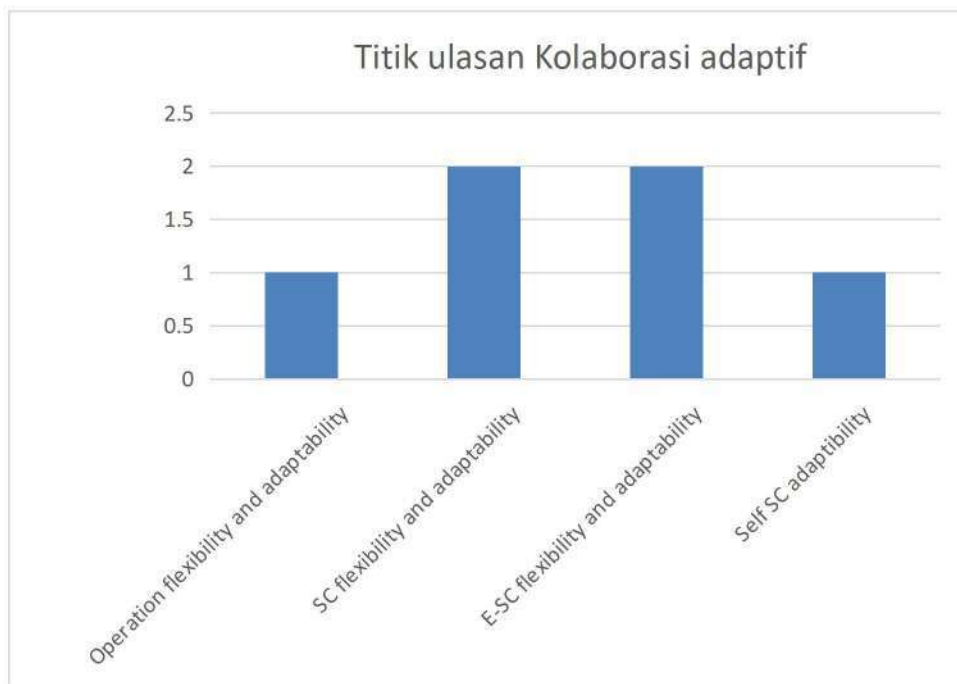
Dalam rantai pasokan global, produsen mungkin lebih berisiko terhadap disrupsi pasokan yang disebabkan oleh bencana alam, kebangkrutan pemasok, kerusakan mesin, dll. Dalam prakteknya, produsen biasanya mengerahkan upaya atau berinvestasi langsung untuk meningkatkan keandalan atau efisiensi produksi pemasok, terutama ketika pemasok kekurangan sumber daya teknik, teknologi informasi atau pelatihan khusus yang diperlukan untuk memenuhi peningkatan kinerja. *Trade-off* antara kebutuhan pasokan yang andal dan biaya sewa informasi tambahan yang dikeluarkan adalah keseimbangan yang perlu didesain dalam kontrak pengadaan di pasar yang kompetitif (Huang *et al.* 2016). Pada umumnya pemasok dan pengecer berharap dapat membuat kooperasi/hubungan jangka panjang sebagai model rantai pasok yang terintegrasi untuk mengurangi ketegangan stabilitas pasokan dan permintaan sehingga diperoleh keuntungan maksimum untuk setiap pelaku rantai pasok. Prinsip kontrak rantai pasok terdiri dari hak dalam pengambilan keputusan, harga, minimum pembelian, fleksibilitas jumlah, kebijakan membeli kembali atau pengembalian, aturan alokasi, lead time, kualitas, rentang waktu, periode pemesanan, pertukaran informasi (Hohn 2010). Mengkoordinasikan sumber daya energi skala kecil kepada keseluruhan bentuk permintaan dapat menawarkan nilai signifikan terhadap stabilitas sistem, melalui pengurangan kebutuhan untuk investasi di hulu infrastruktur pembangkit dan transmisi, peningkatan efisiensi jaringan dan peningkatan keamanan energi (Thomas *et al.* 2019). Gambar 2 memperlihatkan klasifikasi penelitian pada mekanisme kolaborasi rantai pasok diikuti dengan Gambar 3 Perbandingan klasifikasi penelitian kolaborasi adaptif rantai pasok yaitu kolaborasi khusus yang bersifat adaptif dilanjutkan dengan klasifikasi aspek ulasan kolaborasi adaptif seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 2 Klasifikasi penelitian pada mekanisme kolaborasi rantai pasok



Gambar 3 Perbandingan klasifikasi penelitian kolaborasi adaptif rantai pasok



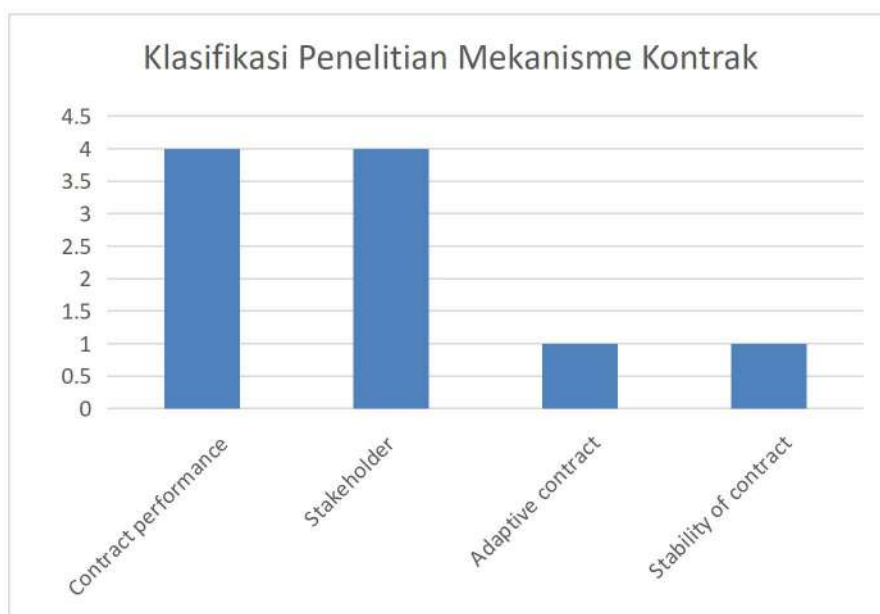
Gambar 4 Klasifikasi aspek ulasan penelitian kolaborasi adaptif rantai pasok

2.4.2 Jenis Kontrak

Berbagai mekanisme kontrak telah dikembangkan untuk mengikat suatu jaringan rantai pasok yang terdiri atas kumpulan subsistem yang sangat heterogen dalam lingkungan koalisi dinamis untuk mencapai keuntungan bersama. Suatu strategi rekonfigurasi yang adaptif sangat diperlukan untuk merespon perubahan pasar melalui peningkatan kinerja dan dinamika organisasi rantai pasok (Ghoneim dan Bentahar 2008). Salah satu strategi tersebut di antaranya adalah *self-adaptive multiagent systems (MAS)* (Fu dan

Fu 2015). Fleksibilitas dan adaptabilitas operasi adalah salah satu faktor yang penting untuk pengambilan keputusan dalam karakteristik lingkungan yang tidak pasti utamanya dalam pengurangan biaya total sistem (Chan 2010). Pada rantai pasok seringkali terjadi ketidaksesuaian antara permintaan dengan penawaran (Hu dan Feng 2017), yang dapat diminimasi melalui adanya kontrak (Ferraro 2008). Berbagai tipe kontrak seperti kesepakatan dalam harga (Kalkanci *et al.* 2011), subkontrak (Gonzales 2015), kesepakatan multikriteria (Almeida 2007), kesepakatan dalam pilihan tertentu.

Kontrak berbasis kinerja/*Contract based performance (PBC)* adalah suatu pendekatan kontrak yang mengatur minimal sistem pembayaran kepada pemasok sehingga dapat memberikan standar kinerja tertentu. Penekanan PBC adalah pada keluaran yang dihasilkan dibandingkan masukan, aktivitas, proses. Konseptualisasi dan klasifikasi yang diusulkan kerangka PBC berpotensi membantu praktisi untuk mendesain dan menentukan manajemen PBC (Martin 2007). Kerangka kerja menekankan hubungan timbal balik antara dua pihak dalam menentukan, mengukur, dan mengevaluasi kinerja dan sistem pembagian risiko dan imbalan yang sesuai untuk mendorong kinerja yang diinginkan (Selviaridis dan Wynstra 2015). Kelengkapan informasi terhadap biaya rantai pasok dapat mengoptimalkan mekanisme kontrak. Sebaliknya ketimpangan informasi (*asymmetric information*) biaya rantai pasok menyebabkan kurangnya optimalisasi rantai pasok (Zhou *et al.* 2016). Klasifikasi penelitian pada mekanisme kontrak dapat dilihat pada Gambar 5. Adapun siklus hidup kontrak meliputi 7 tahapan yaitu (Macbeth 2012) : 1) Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi permintaan; 2) Membuat atau membeli, bila membeli maka bagaimana strategi penetapan sumber bahan baku; 3) Proses penetapan sumber bahan baku dan penawaran kontrak; 4) Inisiasi dan implementasi operasional; 5) Pemantauan dan dan revisi kontrak; 6) Pilihan dalam mengakhiri kontrak; 7) Resume kontrak dan pengalaman yang diperoleh.



Gambar 5 Klasifikasi penelitian mekanisme kontrak

2.4.3 Kontrak Adaptif

Perilaku atau mekanisme kontrak memiliki pengaruh signifikan terhadap konflik antara pemasok dan pengguna (Bai *et al.* 2016). Salah satu bentuk perilaku atau mekanisme kontrak adalah perilaku keengganan masing-masing pelaku rantai pasok di dalam menanggung risiko yang muncul. Hal tersebut menyebabkan inefisiensi kontrak. Melalui koordinasi yang baik antara kedua belah pihak, risiko dapat diminimasi melalui sentralisasi tujuan sehingga efisiensi kontrak tercapai (Xu *et al.* 2014). Pemasok yang memiliki tingkat pengalaman yang tinggi dalam hal melakukan jual beli dalam rantai pasok cenderung melakukan memberikan harga penawaran yang lebih stabil serta *mark-up* harga bila dibandingkan dengan pemasok yang sedang mengalami resesi pasokan (Soo dan Oo 2014). Contoh koordinasi dalam kontrak yaitu pendanaan *corporate social responsibility (CSR)* oleh pihak manufaktur kepada pengguna dalam rangka penentuan harga pasar yang menguntungkan pihak pengecer/*retailer*. Keuntungan yang diperoleh pengecer sebagai dampak pendanaan CSR oleh pihak manufaktur dikembalikan kembali sebagian kepada pihak manufaktur dalam suatu kesepakatan/kontrak antara pihak manufaktur dengan pengecer sehingga diperoleh besaran *revenue sharing* yang optimal untuk kedua belah pihak (Hsueh 2014). Makin tinggi kepentingan terhadap keuntungan pada masing-masing pihak akan mengurangi pareto perbaikan keuntungan masing-masing pihak baik pada jenis kontrak *Push*, *Pull*, maupun *Advance-purchase discount (APD)*. Sebaliknya semakin kecil kepentingan terhadap keuntungan pada masing-masing pihak akan menambah pareto perbaikan keuntungan masing-masing pihak (He dan Khouja 2011).

Sistem kontrak adaptif juga dapat diterapkan pada pasar *crowdsourcing*, di mana pemasok muncul dengan tingkat variasi yang tinggi. Sistem pembayaran dengan kontrak adaptif pada pasar *crowdsourcing* mampu memberikan keadilan bagi kedua belah pihak baik pemasok maupun pengguna (Ho *et al.* 2016). Kontrak rantai pasok yang tidak disesuaikan dengan kondisi bisnis yang bersifat tidak tetap seperti kemungkinan terjadinya disrupsi permintaan akan berdampak negatif/membahayakan bagi pelaku rantai pasok yaitu capaian profit yang tidak sesuai dengan yang diharapkan (Zhang *et al.* 2012). Untuk mengantisipasi disrupsi/ketidakpastian pasokan, pemasok menetapkan rasio bagi keuntungan atau harga pasar yang lebih besar bila dibandingkan tanpa adanya ketidakpastian pasokan (Hu dan Feng 2017).

Pada sistem rantai pasok siklus tertutup di mana dimungkinkan dilakukan perhitungan optimasi baik untuk pasokan maju maupun balik yang terintegrasi dengan mempertimbangkan unsur ketidakpastian yang terfasilitasi dalam penggunaan skenario dan probabilitas telah menjadikan sistem rantai pasok siklus tertutup sebagai sistem yang adaptif yaitu mampu merespon dengan lebih baik terhadap perubahan atau ketidakpastian yang terjadi. Model optimasi yang terintegrasi ditindaklanjuti dalam bentuk kontrak rantai pasok adaptif di mana kontrak mengikat para pelaku rantai pasok secara terintegrasi yang didasarkan pada sistem rantai pasok siklus tertutup yang adaptif. Redesain produk yang ramah lingkungan yang dapat menghasilkan keuntungan optimal melalui penetapan keputusan dalam hal harga, level produk, dan keuntungan dapat dicapai melalui kontrak bagi hasil di antara pelaku rantai pasok. Melalui mekanisme kontrak bagi hasil diperoleh optimasi dalam hal kualitas produk

yang ramah lingkungan dan koordinasi antar pelaku rantai pasok (Ghosh dan Shah 2015). Mekanisme kontrak dalam hal persyaratan kualitas produk dan pemberian insentif juga dapat menjadi daya tarik untuk petani dan pembeli untuk mengadakan kontrak kerja sama rantai pasok (Schipmann dan Qaim 2011).

2.5 Penelitian Terdahulu, Peta Jalan dan Posisi Penelitian

2.5.1 Proses Bisnis Rantai Pasok

Beberapa penelitian terdahulu pada proses bisnis rantai pasok serta posisi penelitian sebagai kelanjutan (celah) riset dapat dilihat pada Tabel 1. Pada tabel dapat dilihat bahwa belum ada penelitian yang membahas secara khusus rantai pasok agroindustri herbal. Penelitian ini memposisikan kebaruannya yaitu pada proses bisnis rantai pasok agroindustri herbal yang secara komprehensif membahas proses rantai pasok balik meliputi *inbound logistics* dan *outbound logistics*, dari multisumber bahan baku pengembalian/sisa produksi/konsumsi, multiperioda, di bawah pengaruh multiparameter ketidakpastian.

2.5.2 Model Stokastik *Fuzzy* untuk Berbagai Faktor Ketidakpastian

Beberapa penelitian terdahulu pada model *fuzzy* stokastik untuk berbagai faktor ketidakpastian serta posisi penelitian sebagai kelanjutan (celah) riset dapat dilihat pada Tabel 2. Penelitian yang dilakukan sebelumnya belum ada yang membahas ketidakpastian secara komprehensif meliputi multiparameter ketidakpastian *fuzzy* stokastik *possibilistic* maupun dinamika nilai transisi dari periode ke periode selanjutnya. Penelitian ini membahas model optimasi rantai pasok balik agroindustri herbal secara komprehensif di bawah pengaruh multiparameter ketidakpastian *fuzzy*, stokastik *possibilistic* maupun dinamika nilai transisi dari periode ke periode selanjutnya yang diberi nama model stokastik *fuzzy* hibrid rantai pasok balik agroindustri herbal.

Secara khusus model stokastik *hybrid fuzzy* multistap rantai pasok balik agroindustri herbal dikembangkan dari referensi buku pemrograman stokastik (Willem *et al.* 2020). Pengembangan dilakukan dengan menambahkan multiparameter ketidakpastian seperti kualitas bahan baku, aspek produksi seperti susut dan rendemen, serta probabilitas preferensi bahan baku dalam susunan rantai markov. Pengembangan juga dilakukan dengan mengkombinasikan ketidakpastian *fuzzy* dalam mengidentifikasi kualitas bahan baku baik yang berasal dari limbah sisa produksi maupun pengembalian produk dari konsumen.

2.5.3 Model Kontrak Adaptif

Diawali dari penelitian-penelitian terdahulu pada kolaborasi rantai pasok, dapat dijelaskan bahwa model kolaborasi rantai pasok yang ada belum ada yang secara khusus memasukkan faktor ketidakpastian dalam menentukan variabel maupun parameter fungsi tujuannya serta menetapkan kemampuan adaptasi terhadap ketidakpastian sebagai indikator kinerja model. Berdasarkan hal tersebut maka penelitian ini menjawab tantangan akan kebutuhan model kolaborasi rantai pasok yang memfasilitasi unsur ketidakpastian pada parameter fungsi tujuannya sehingga dapat bersifat adaptif terhadap ketidakpastian yang dimaksud. Peta jalan dan posisi penelitian pada kolaborasi rantai pasok dapat dilihat pada Tabel 3. Selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4,

bahwa penelitian-peneitian terdahulu pada kolaborasi adaptif sendiri memperlihatkan belum adanya fokus pembahasan pada variabel harga jual beli dan sistem bagi hasil yang disusun dalam suatu mekanisme bagi hasil yang bersifat adaptif, sehingga dapat ditentukan posisi penelitian pada kolaborasi adaptif adalah model kolaborasi adaptif yang berfokus pada pembahasan variabel harga jual beli serta sistem bagi hasil melalui mekanisme bagi hasil yang bersifat adaptif.

Adapun kolaborasi adaptif rantai pasok dapat dilakukan salah satunya melalui mekanisme kontrak. Tabel 5 memperlihatkan klasifikasi parameter/ variabel dan indikator pada penelitian kontrak sedangkan Tabel 6 memperlihatkan peta jalan dan posisi penelitian pada model kolaborasi rantai pasok dengan mekanisme kontrak. Melalui Tabel 5 dan 6 dapat disimpulkan posisi penelitian kontrak difokuskan pada bahasan kontrak adaptif pada rantai pasok multistahap yaitu mampu merespon perubahan yang ada, yang memfasilitasi multiparameter ketidakpastian sehingga dapat menghasilkan model kolaborasi rantai pasok kontrak yang andal yang dapat memenangkan semua pihak yang terlibat dalam kontrak.

2.5.4 Struktur Kontribusi Penelitian

Dari uraian peta jalan penelitian terdahulu dapat diposisikan kontribusi penelitian ditinjau dari tiga aspek yaitu pertama posisi rantai pasok balik agroindustri herbal multistahap yang menggabungkan berbagai aspek yaitu multikualitas bahan baku, multistipe pemasok, multistahapan optimasi dalam suatu proses bisnis rantai pasok herbal. Kedua yaitu model formulasi optimasi rantai pasok herbal yang memfasilitasi ketidakpastian yang terjadi pada proses bisnis baik stokastik maupun *hybrid fuzzy* sehingga diperoleh model optimasi yang lebih andal. Ketiga yaitu model kontrak adaptif di mana besaran variabel ditentukan dari hasil optimasi model formulasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap, serta penalti dan pendapatan ditentukan bersifat adaptif mengikuti perubahan yang terjadi di lapangan.

Tabel 1 Penelitian terdahulu dan posisi penelitian pada proses bisnis rantai pasok dan posisi penelitian

Peneliti	Fokus Proses Bisnis	Tipe Rantai Pasok	Objek
Rabindranath <i>et al.</i> (2018)	Remanufaktur	Tahapan yang terkait pada Rantai Tertutup.	Produk mekanik
Tzu <i>et al.</i> (2014)	Produk rusak	Tahapan menyilang pada rantai pasok balik	Produk Semikonduktor
Ehsan <i>et al.</i> (214)	Evaluasi kinerja	Rantai pasok balik multistahap	Umum
John <i>et al.</i> (2016)	Anjak piutang	Rantai pasok balik multistahap	Keuangan
Dennis dan Ramin (2014)	Proses industri	Rantai Tertutup	Umum
Mohammad <i>et al.</i> (2020)	pemulihan produk berstruktur modular	Desain fleksibel dari rantai pasok multistahap.	Produk berstruktur modular
Christian <i>et al.</i> (2014)	Tahapan proses yang berbeda dari pemulihan produk.	Perencanaan proses pemulihan produk pada logistik balik dan rantai tertutup	Umum
Devika <i>et al.</i> (2012)	Jejak Carbon	Logistik balik.	Plastik
Manimaran dan Selladurai (2014)	Distribusi	Jaringan rantai pasok balik multistahap	Umum
Rabindranath dan Arshinder (2015)	Penentuan harga pada proses logistik balik	Singgel periode multistahap, rantai pasok tertutup	Umum
Posisi Penelitian	Proses logistik maju dan balik meliputi produk utama, sekunder, dan tersier.	Rantai pasok balik multistahap multiperiode	Agroindustri herbal

Tabel 2 Penelitian terdahulu dan posisi penelitian tentang model rantai pasok dengan faktor ketidakpastian

Peneliti	Tipe rantai pasok	Tujuan	Model ketidakpastian
Wang dan Watada (2011)	Rantai pasok dua tahap	Kriteria nilai risiko	Pemrograman stokastik <i>fuzzy</i>
Adriana (2012)	Nilai ketidakpastian <i>fuzzy</i>	Penentuan nilai <i>fuzzy</i>	<i>trapezoidal approximation of fuzzy number</i>
Alumur <i>et al.</i> (2012)	Rantai pasok balik	Optimasi alokasi fasilitas multiperiode	Pemrograman linier intejer
Cepin (2012)	Rantai pasok multistahap	Penilaian kendala sumber tenaga listrik	Pemrograman dinamik.
Wang dan Huang (2012)	Rantai pasok multistahap	Identifikasi strategi optimal alokasi sumber daya air	Pemrograman stokastik <i>fuzzy</i>
Li <i>et al.</i> (2013)	Rantai pasok multistahap	Sistem dinamik dan kompleks pada manajemen sumber daya air	Pemrograman stokastik <i>fuzzy</i>
Mansoornejad <i>et al.</i> (2013)	Rantai pasok maju	Optimasi profit rantai pasok	Skenario pasar dan skenario jaringan rantai pasok
Acharya <i>et al.</i> (2014)	Multitujuan	Ketidakpastian proses dengan variabel acak	Pemrograman stokastik <i>fuzzy</i>
Marufuzzaman <i>et al.</i> (2014)	Rantai pasok multistahap	Penentuan lokasi dan transportasi	Stokastik pada pasokan dan teknologi
Roghanian dan Pazhoheshfar (2014)	Rantai pasok balik	Optimasi jaringan rantai pasok	Stokastik dengan algoritma genetik
Zeballos <i>et al.</i> (2014)	Rantai pasok tertutup	Perencanaan dan desain multiperiode	Ketidakpastian permintaan dan pasokan
Ayvaz <i>et al.</i> (2015)	Rantai pasok balik	Pembuangan peralatan listrik dan elektronik	Pemrograman stokastik
Bekri <i>et al.</i> (2015)	Rantai pasok multistahap	Optimasi alokasi sumber daya air	Pemrograman stokastik <i>fuzzy</i>
Chakraborty <i>et al.</i> (2015)	Integrasi rantai pasok	Analisis sensitivitas	Ketidakpastian deteriorasi

Peneliti	Tipe rantai pasok	Tujuan	Model ketidakpastian
Zhao <i>et al.</i> (2015)	Rantai pasok maju	Harga jual dan keuntungan optimum	Stokastik pada jumlah pesanan
Campos dan Penafiel (2016)	Kriteria keputusan	Peningkatan tingkat keyakinan	Variabel <i>Fuzzy</i>
Simangunsong <i>et al.</i> (2016)	Rantai pasok maju	Negosiasi bisnis	Ketidakpastian aspek etika negosiasi
Simic (2016)	Rantai pasok multistahap	Alokasi umur ekonomis mesin	Stokastik interval
Zahiri <i>et al.</i> (2017)	Rantai pasok multistahap	Perencanaan distribusi	Stokastik <i>possibilistic</i>
Azaron <i>et al.</i> (2018)	Risiko rantai pasok	Minimasi total biaya investasi dan variansi biaya untuk minimasi risiko rantai pasok	Stokastik multi objektif
Farrokh <i>et al.</i> (2018)	Rantai pasok tertutup	Penentuan lokasi pabrik untuk biaya tahunan minimal.	Pemrograman andal stokastik <i>fuzzy/robust fuzzy stochastic programming (RFSP)</i>
Kong <i>et al.</i> (2018)	Vehicular Social Networks (VSNs)	Membangun set data mobil	Matriks Transisi Markov
Ahmad <i>et al.</i> (2019)	Perkerasan jalan	Kinerja perkerasan jalan	Rantai Markov
Dowson dan Kapelevich (2020)	Rantai pasok multistahap	Ketidakpastian proses yang acak.	Pemrograman stokastik
Posisi Penelitian	Multiperioda,	Optimasi biaya rantai pasok	Stokastik <i>fuzzy</i> hibrid (multiparameter ketidakpastian)

Tabel 3 Peta jalan dan posisi penelitian tentang kolaborasi rantai pasok

Peneliti	Parameter/variabel	Indikator
(Youn <i>et al.</i> 2008)	Kualitas pertukaran informasi	Hubungan dalam rantai pasok
(Schutz, 2009)	Lingkungan yang tidak pasti	Fleksibilitas operasi
(Bottani dan Montanari, 2010)	Total biaya logistik dan efek <i>bulwhip</i>	Parameter desain rantai pasok
(Flynn, 2010)	Kinerja bisnis dan operasi	Integrasi rantai pasok
(Klibi <i>et al.</i> 2010)	Kreasi nilai berkelanjutan	Keandalan jaringan rantai pasok
(Sasikumar dan Haq, 2011)	Logistik balik	Efisiensi biaya dan jadwal pengiriman.
(Creazza dkk, 2012)	Keunggulan kompetitif	Koordinasi dan konfigurasi rantai pasok.
(Waller dan Fawcett, 2012)	Total biaya	Pengaruh keputusan
(Zeng <i>et al.</i> 2012)	Manajemen rantai pasok dan pasokan global	Kolaborasi aman
(Benyoucef, 2013; Samaranayake <i>et al.</i> 2011;)	Efektivitas perencanaan	Integrasi jaringan produksi dan distribusi
(Kasirian dan Yusuff, 2013)	Proses pemilihan pemasok.	Kriteria pemilihan.
(Sarraj <i>et al.</i> 2013)	Efisiensi	Interkoneksi global layanan logistik.
(Jindal dan Sangwan, 2014)	Manufaktur hijau dan berkelanjutan	Solusi seimbang antara tingkat kelayakan dan tingkat kepuasan pengambil keputusan.
(Liu <i>et al.</i> 2014)	Kinerja layanan logistik rantai pasok.	Pengurangan alokasi biaya integrasi layanan logistik.
(Hsu <i>et al.</i> , 2016)	Perencanaan dan penjadwalan rantai pasok	Kelengkapan pembagian informasi
(Huang, 2016)	Keandalan khusus	Perbaikan proses
(Kim dan Chai, 2017)	Kolaborasi dan fleksibilitas rantai pasok	Inovasi pemasok
Posisi Penelitian	Multiparameter ketidakpastian	Adaptif terhadap ketidakpastian/dinamisasi bisnis

Tabel 4 Klasifikasi penelitian pada kolaborasi adaptif

Peneliti	Parameter/variabel	Indikator
Ghoneim dan Bentahar (2008)	Respon yang efektif	Strategi konfigurasi ulang adaptif
Chong <i>et al.</i> (2009)	Adopsi perangkat kolaborasi rantai pasok	Kepercayaan, kompleksitas, frekuensi dan jumlah produk.
Chan (2010)	Biaya total sistem	Fleksibilitas dan kemampuan adaptasi pada mekanisme koordinasi <i>Make to Order (MTO)</i> .
Ware <i>et al.</i> (2014)	Rantai pasok fleksibel	Pemilihan pemasok
Akhtar <i>et al.</i> (2015)	Keberlanjutan finansial dan non finansial	Kepemimpinan adaptif dan pengarahan data
Fu J dan Fu Y (2015)	Manajemen biaya kolaborasi rantai pasok	Sistem multiagen adaptif mandiri
Posisi Penelitian	Harga jual beli dan sistem bagi hasil	Sistem bagi hasil secara adaptif

Tabel 5 Klasifikasi parameter/variabel dan indikator pada penelitian kontrak

Peneliti	Parameter/variabel	Indikator
Almeida (2007)	Kontrak	Utilitas sistem informasi kontrak
Gonzales (2015)		Evaluasi multikriteria
Ferraro (2008)	Informasi	Pengurangan sewa informasi
Kim (2009)	Stabilitas	Hubungan kepercayaan
Hohn (2010)	Peraturan	11 peraturan
Moon dan Kwon (2011)	Harga	Harga yang rendah
Kalkanci <i>et al.</i> (2015)		Harga hibrid
Shiroyama (2012)	Multiaktor pemerintahan	Mekanisme kooperasi
Selviaridis (2014)	Penyedia layanan	Interrelasi
Bai <i>et al.</i> (2016)	Institusi	Efek kontrak
Ho <i>et al.</i> (2016)	Kontrak adaptif	Pembayaran berbasis gabungan kualitas.
Hu (2017)	Pemasok	Jumlah optimal pasokan
Posisi Penelitian	Kontrak rantai pasok multistahap di bawah berbagai pengaruh faktor ketidakpastian.	Jumlah permintaan yang adaptif responsif, bagi hasil yang memenangkan semua pihak.

Tabel 6 Peta jalan (penelitian terdahulu) dan posisi penelitian pada model kolaborasi rantai pasok dengan mekanisme kontrak

Peneliti	Permasalahan	Tujuan	Indikator	Metode
Hwang <i>et al.</i> (2009)	Tidak mencukupinya kapasitas catu daya cadangan.	Untuk menganalisis keputusan permintaan optimal pada kontrak.	Kapasitas optimal dalam kontrak dan penentuan biaya berbasis elektrik.	Algoritma <i>Cat Swarm Optimization (CSO)</i> dan <i>Particle Swarm Optimization (PSO)</i> .
Lau <i>et al.</i> (2008)	Bagaimanakan sebaiknya retailer mendesain kontrak pembelian?	Model adaptasi yang memungkinkan dari beberapa format kontrak	Efektivitas kinerja kontrak	Perbandingan kebijakan membeli kembali, bagi hasil, dan pilihan kontrak.
Klibi <i>et al.</i> (2009)	Masalah desain jaringan rantai pasok di bawah sumber ketidakpastian dan eksposur risiko.	Mengulas faktor lingkungan acak utama dan membahas sifat dari peristiwa gangguan besar yang mengancam jaringan rantai pasok.	Keandalan jaringan rantai pasok.	Penilaian ketahanan jaringan rantai pasok untuk memastikan keberlanjutan penciptaan nilai.
Liu dan Meier (2009)	Sistem dinamik yang mampu beradaptasi sebagai solusi atas keterbatasan sumber daya.	Mendeteksi dan menetapkan penyelesaian hubungan negatif antar fitur dan kunci utama adaptasi dalam sistem dinamik.	Hubungan negatif antar fitur	Kontrak berbasis sumber daya.
Qian <i>et al.</i> (2009)	Untuk menghilangkan deformasi putaran pneumatik jari yang fleksibel pada multi-kontrak dengan objek dan jari pneumatik.	Memperbaiki struktur mekanik pneumatik jari dan merancang komonan rantai baku.	Fleksibilitas jari dalam penetapan posisi objek.	Model matematis.

Peneliti	Permasalahan	Tujuan	Indikator	Metode
Khashei dan Bijari (2010)	Kinerja <i>Artificial Neural Networks (ANNs)</i> untuk beberapa peramalan deret waktu nyata yang tidak memuaskan.	Memperbaiki peramalan	Ketepatan ramalan.	Model hibrid <i>Artificial Neural Networks</i> .
Haring <i>et al.</i> (2013)	Efek ekonomi dan rekayasa parameter desain kontrak pada jumlah provisi cadangan dan biaya program respon permintaan.	Kerangka desain kontrak yang memungkinkan sumber daya sisi permintaan untuk berpartisipasi dalam pasar jasa dengan biaya yang efisien.	Keuntungan sistem	Kooperatif Teori Permainan
Zhang <i>et al.</i> (2013)	Kesulitan dalam mengukur permintaan di lapangan.	Mewakili permintaan yang tidak pasti dan tidak jelas.	Jumlah pesanan optimal dalam sistem terdesentralisasi dan terpusat.	Variabel <i>fuzzy</i> acak berbasis level 2 kontrak membeli kembali.
Gosh dan shah (2014)	Perusahaan perintis di bidang pengurangan jejak karbon dalam rantai pasokan melalui desain ulang produk	Mempelajari dampak biaya penghijauan dan kepekaan konsumen terhadap produk ramah lingkungan.	Bagaimana tingkat penghijauan produk, harga dan keuntungan dipengaruhi oleh kontrak pembagian biaya.	Pendekatan <i>game theory</i>
Soo dan Oo (2014)	Permintaan konstruksi sebagai salah satu faktor kunci yang mempengaruhi keputusan penawaran kontraktor	Mempresentasikan eksperimen untuk menguji efek konstruksi permintaan pada tingkat harga <i>mark-up</i> dalam lelang kontrak konstruksi.	Permintaan yang mempengaruhi persaingan dan tingkat harga yang memungkinkan peningkatan optimasi harga penawaran.	Pendekatan percobaan.

Peneliti	Permasalahan	Tujuan	Indikator	Metode
Talon <i>et al.</i> (2014)	Pentingnya memonitor pelayanan saat penyedia layanan menerapkan kontrak digital.	Arsitektur adaptif mandiri untuk pengawasan layanan web.	Pengurangan rata-rata waktu respon yang berdampak pada berkurangnya jumlah penyimpangan dalam kontrak.	Metode <i>fuzzy</i> untuk meningkatkan prioritas layanan yang berpotensi terjadinya penyimpangan dalam kontrak.
Posisi penelitian	Kolaborasi rantai pasok multistahap merupakan hal yang penting untuk kinerja rantai pasok yang andal yang dipengaruhi berbagai faktor ketidakpastian.	Bagaimana model kontrak adaptif rantai pasok multistahap agroindustri herbal di bawah berbagai faktor ketidakpastian bisnis.	Bagi hasil yang memenangkan para pelaku rantai pasok yang terlibat kontrak serta kemampuan respon (adaptif) terhadap perubahan/ ketidakpastian bisnis.	Kontrak Adaptif dengan Respon Andal terhadap ketidakpastian.

III METODE PENELITIAN

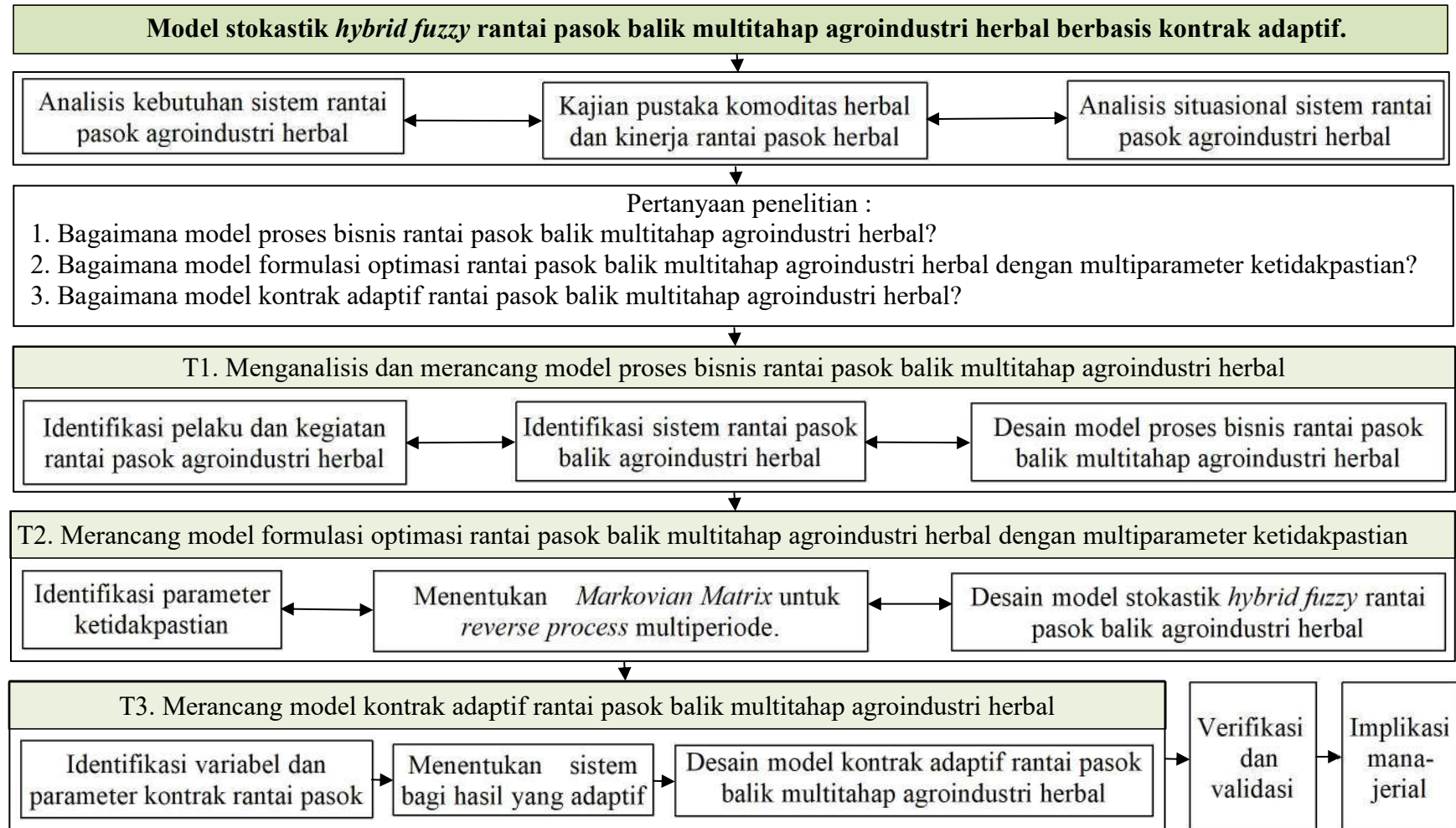
3.1 Kerangka Pemikiran Penelitian

Berawal dari latar belakang dilakukannya penelitian tentang pentingnya membangun suatu sistem rantai pasok yang mampu beradaptasi dengan perubahan lingkungan bisnis maka ditentukan permasalahan dan tujuan dari penelitian yang terbagi menjadi 3 bagian utama. 3 (tiga) bagian permasalahan dan tujuan tersebut meliputi antara lain: analisis dan desain model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal, desain model optimasi stokastik *hybrid fuzzy* rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal, dan desain model kontrak adaptif multistahap agroindustri herbal.

Didukung dengan data-data terkait yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya maka ditentukan kebaruan penelitian yang menjadi topik pembahasan dalam penelitian ini yang dirinci melalui kerangka pemikiran pencapaian tujuan penelitian yang terintegrasi. Desain model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal menggambarkan proses bisnis aliran pasokan mulai dari pemasok bahan baku hingga ke konsumen akhir dan kembali ke pemasok. Berbagai bentuk aliran barang, jasa, maupun informasi dilakukan melalui suatu kolaborasi rantai pasok. Untuk memperoleh kinerja rantai pasok yang optimal dilakukan kolaborasi keputusan operasional maupun strategis yang terintegrasi dalam suatu model optimasi stokastik rantai pasok yang bersifat andal/mampu merespon dengan baik terhadap perubahan lingkungan bisnis. Kontrak adaptif merupakan suatu mekanisme kolaborasi yang diharapkan mampu memberikan tingkat kepuasan bagi pelaku rantai pasok melalui sistem bagi keuntungan memenangkan semua pihak dan bersifat adaptif terhadap perubahan lingkungan bisnis yaitu dapat merespon dengan cepat terhadap perubahan yang ada.

Model stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal adalah suatu model optimasi yang bersifat andal yaitu di mana model tersebut dapat memfasilitasi multiparameter ketidakpastian baik ketidakpastian probabilistik maupun kemungkinan/*possibilistic fuzzy*, serta transisi dinamisasi sistem yang terjadi dalam rantai pasok sehingga tetap relevan bila digunakan dalam lingkungan bisnis yang dinamis. Untuk merealisasikan model optimasi stokastik *hybrid fuzzy* rantai pasok, kolaborasi rantai pasok dilakukan secara formal dalam suatu kontrak rantai pasok adaptif. Penentuan besarnya penalti dan bagi keuntungan antar pelaku rantai pasok disesuaikan dengan kapabilitas pelaku rantai pasok dalam memenuhi kontrak sepanjang periode waktu kontrak. Besaran penalti dan bagi hasil tidak ditetapkan pada suatu nilai tertentu tapi menyesuaikan pada realitas kinerja rantai pasok. Besaran bagi keuntungan yang bersifat adaptif menjadikan pelaku rantai pasok termotivasi menyesuaikan kapabilitas terhadap besaran kontrak (*self adaptive learning*) untuk mendapatkan keuntungan yang optimal sehingga secara tidak langsung hal tersebut juga menjadikan kontrak adaptif bersifat lebih andal dan objektif serta diharapkan mampu meningkatkan kinerja dan daya saing rantai pasok dengan lebih baik.

Melalui BPOM dan Gabungan Pengusaha (GP) Jamu diharapkan model stokastik *hybrid fuzzy* rantai pasok balik agroindustri herbal berbasis kontrak adaptif dapat diterapkan untuk meningkatkan kinerja agroindustri herbal nasional. Gambaran alur kerangka pemikiran penelitian dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Kerangka pemikiran penelitian

Gambar 6 merupakan penggambaran kerangka pemikiran pada penelitian ini secara lengkap. Penelitian dimulai dengan melakukan kajian pustaka pada komoditas herbal, rantai pasok agroindustri herbal, serta parameter ketidakpastian dan mekanisme kolaborasi pada rantai pasok herbal. Analisis situasional dilakukan pada sistem rantai pasok agroindustri herbal untuk menganalisis kebutuhan sistem pada rantai pasok agroindustri herbal. Selanjutnya dirumuskan dalam bentuk pertanyaan penelitian yang akan dijawab melalui penerapan serangkaian metode yang dilakukan secara bertahap hingga dihasilkan solusi terhadap permasalahan yang dihadapi.

3.2 Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilakukan berdasarkan pendekatan sistem. Pendekatan sistem merupakan cara menyelesaikan permasalahan yang dimulai dengan melakukan identifikasi terhadap sejumlah kebutuhan-kebutuhan sehingga mampu membangun operasi sistem yang efektif (Marimin dan Maghfiroh 2013). Pendekatan sistem dimulai dengan menganalisa kebutuhan, membuat formulasi permasalahan, dan identifikasi sistem. Analisa kebutuhan menyatakan kebutuhan yang ada pada sistem dan pada para pelaku yang terlibat pada rantai pasok agroindustri herbal yang diteliti. Analisa kebutuhan pada penelitian ini didapat berdasarkan hasil observasi lapangan dan diskusi dengan pelaku agroindustri herbal, yaitu pemasok, produksi, maupun distributor agroindustri herbal maupun pimpinan dan staf yang terkait baik langsung maupun tidak langsung dengan agroindustri herbal antara lain Gabungan Pengusaha Jamu dan Badan Pengawas Obat dan Makanan. Selanjutnya disusun formulasi permasalahan berdasarkan kendala-kendala yang ada pada pasokan bahan baku, produksi maupun distribusi produk herbal serta kinerja dan daya saing agroindustri herbal di pasaran.

Langkah berikutnya yaitu melakukan analisis situasional. Analisis situasional dilakukan untuk mengetahui kondisi yang ada pada rantai pasok agroindustri herbal dengan cara melakukan kajian pustaka dan analisis deskriptif pada sistem rantai pasok agroindustri herbal. Analisis situasional meliputi aspek pasokan bahan baku, produksi, distribusi, alur logistik maju maupun balik, serta parameter ketidakpastian yang terjadi pada kinerja rantai pasok. Tahapan berikutnya adalah perancangan model proses bisnis pada rantai pasok agroindustri herbal. Model ini didesain dengan menggunakan alat yaitu *Business Process Modelling Notation verse 2.0 (BPMN 2.0)*. Langkah pada perancangan model dimulai dengan menyusun struktur rantai pasok multistage yang diteliti meliputi pemasok, pabrik, distributor dan konsumen dan lebih detail lagi dirancang pula alur logistik maju maupun balik yang terintegrasi. Setelah pemodelan proses bisnis, selanjutnya adalah merancang model formulasi optimasi dengan membuat asumsi model, mengidentifikasi indeks, parameter, dan variabel keputusan yang terlibat dalam model. Berikutnya merumuskan fungsi tujuan pada model optimasi yaitu menghitung biaya rantai pasok optimal dilanjutkan dengan mengidentifikasi pembatas-pembatas model. Pembatas model dibuat untuk membatasi nilai-nilai dari variabel keputusan yang didefinisikan. Pembatas model pada penelitian ini adalah pembatas kualitas bahan baku, pembatas aliran, pembatas kapasitas, pembatas pasokan, dan pembatas produksi. Kebaruan dalam model formulasi optimasi ini adalah integrasi aliran logistik baik maju maupun balik, diformulasikan secara *recursive function* dengan mempertimbangkan

ketidakpastian stokastik maupun *fuzzy* yang dikombinasikan dengan matriks transisi untuk beberapa periode operasi yang dibangun dalam suatu model yang diberi nama model stokastik *hybrid fuzzy* multistage rantai pasok balik agroindustri herbal. Perancangan model selanjutnya adalah desain model kontrak adaptif rantai pasok multistage agroindustri herbal dengan memasukkan data berupa nilai besaran jumlah produksi yang dihasilkan dari perangkat lunak operasi model optimasi yang selanjutnya dijadikan dasar dalam menentukan klausul kontrak meliputi kuantitas pasokan, produksi maupun distribusi beserta sistem bagi hasilnya yang dilakukan secara adaptif yaitu mampu merespon dinamika bisnis yang ada sehingga bersifat andal terhadap dinamika bisnis yang ada. Tahapan akhir dari serangkaian perancangan model adalah melakukan verifikasi dan validasi model. Verifikasi dilakukan dengan memeriksa hasil model, apakah melanggar pembatas sistem dari rantai pasok yang sudah ditentukan atau tidak. Apabila ada yang dilanggar, maka model harus diperbaiki kembali. Sementara itu, validasi dilakukan dengan cara melihat apakah hasil perhitungan dari model yang dikembangkan sesuai dengan kondisi nyata. Diagram alir tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 7.

3.2.1 Pendekatan Sistem

Pendekatan sistem merupakan suatu kerangka pikir yang mencari keterpaduan antar bagian melalui pemahaman yang utuh. Pendekatan sistem umumnya ditandai oleh dua hal, yaitu (1) mencari semua faktor yang penting yang ada dalam mendapatkan solusi yang baik untuk menyelesaikan masalah, dan (2) dibuat suatu unsur model kuantitatif untuk membantu keputusan secara rasional. Pemahaman terhadap perilaku sistem membutuhkan identifikasi hubungan antar sub-elemen sistem dalam setiap elemen sistem (Eriyatno 2013).

Dengan menggunakan pendekatan sistem, analisis sistem dilakukan dengan melalui beberapa tahapan sebagai berikut :

a) Analisis kebutuhan

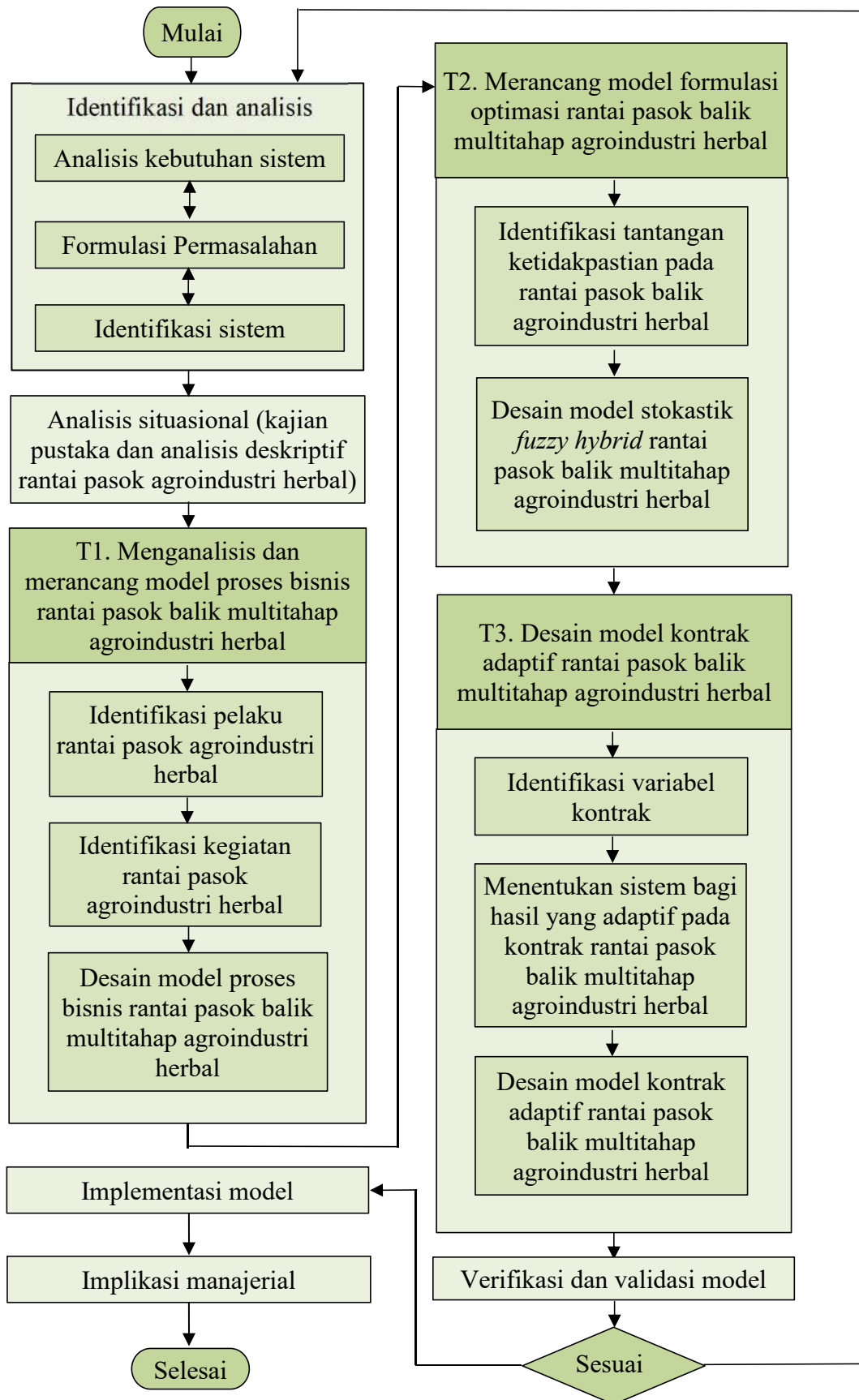
Analisis kebutuhan diawali dengan mengidentifikasi pelaku yang terlibat pada rantai pasok agroindustri herbal dilanjutkan dengan identifikasi kebutuhan setiap pelaku rantai pasok agroindustri herbal. Analisis yang dilakukan mencakup aspek pasokan, produksi, maupun distribusi di dalam rantai pasok, aktivitas yang dilakukan serta objek yang ditangani khususnya dalam hal aliran logistik pada rantai pasok balik agroindustri herbal.

b) Formulasi permasalahan sistem

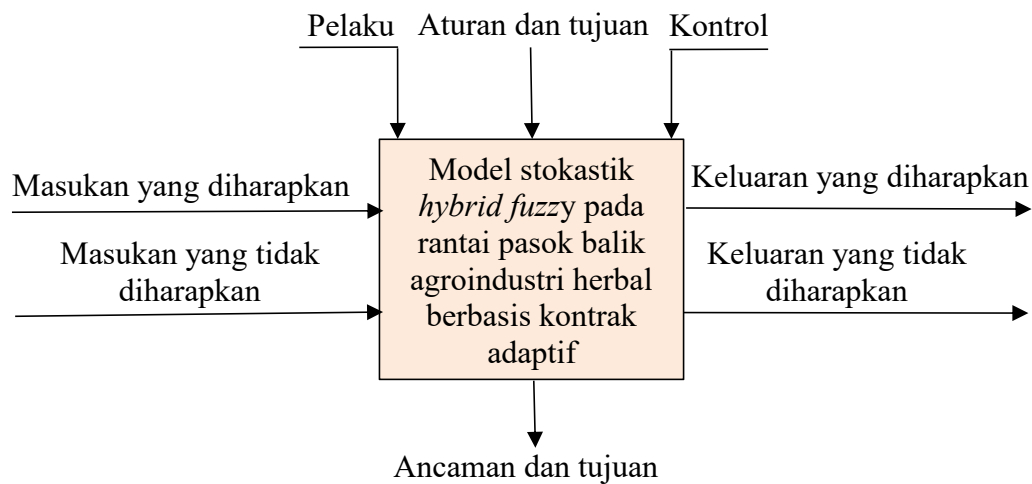
Formulasi permasalahan sistem diketahui setelah melakukan analisis kebutuhan yaitu munculnya kebutuhan sistem untuk bisa mencapai tujuan sistem akibat adanya kesenjangan antara kondisi ideal yang seharusnya dipenuhi dengan kondisi yang ada.

c) Identifikasi sistem

Sistem adalah satu set terintegrasi elemen-elemen yang saling terkait yang bekerja secara sinergis untuk melakukan proses nilai tambah dan untuk memuaskan pengguna dengan hasil tertentu (Wasson 2006). Setiap sistem terdiri dari input, entitas, output, pemangku kepentingan, peran, kendala, dan lain sebagainya yang perlu diidentifikasi. Komponen yang membangun entitas sistem yang perlu dianalisis disajikan pada Gambar 8.



Gambar 7 Tahapan penelitian

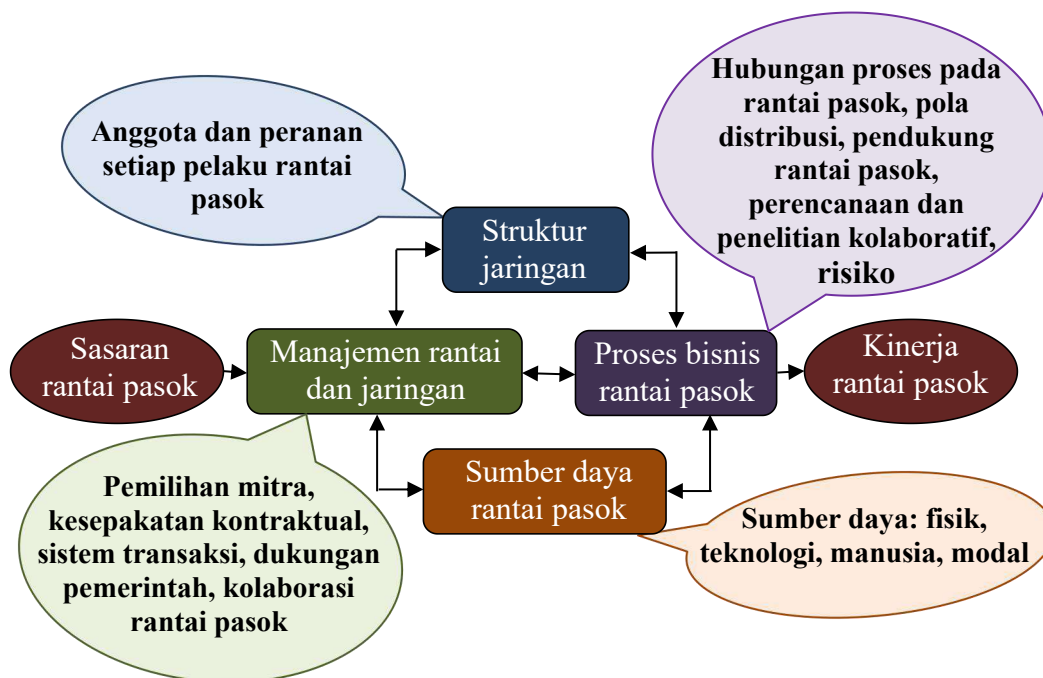


Gambar 8 Elemen yang dianalisis dalam sistem

d) Analisis situasional

Analisis situasional memberikan gambaran deskriptif mengenai kondisi nyata rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal. Kerangka analisis mengikuti kerangka analisis yang digunakan oleh Van Der Vorst (2006), dapat dilihat pada Gambar 9, yang meliputi:

- (1) Struktur rantai pasok, termasuk ruang lingkup dan peran pelaku rantai pasok.
- (2) Proses bisnis untuk menghasilkan produk.
- (3) Manajemen rantai, yang mendeskripsikan kerja sama pelaku.
- (4) Sumber daya rantai yang digunakan untuk melakukan bisnis.



Gambar 9 Kerangka analisis rantai pasok
(sumber: Vorst 2006)

e) **Pemodelan sistem**

Model merupakan suatu perwakilan dari kondisi nyata. Dalam penelitian ini dibangun 3 desain model yang mewakili kondisi nyata beserta kebutuhannya untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Model tersebut antara lain: Model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal, model formulasi optimasi rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal, dan model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal. Uraian untuk ketiga model yang dikembangkan adalah sebagai berikut :

(1) **Model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal**

Tahapan penelitian ini menggunakan perangkat *Business Process Model and Notation (BPMN)* sebagai alat untuk mendesain aliran proses bisnis pada kegiatan rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal. Menurut White dan Miers (2008) terdapat beberapa tingkatan dalam pemodelan dengan menggunakan perangkat BPMN, yaitu:

- ✓ *Process Maps*: kegiatan diagram alir yang sederhana, diagram alir tanpa memiliki banyak informasi detail selain nama pada setiap aktivitas.
- ✓ *Process Descriptions*: memberikan informasi yang lebih luas seperti peran orang yang terlibat dalam proses, data, informasi, dan sebagainya.
- ✓ *Process Models*: menggambarkan diagram alir yang lebih detail sehingga proses ini lebih dapat dianalisis dan simulasi. Proses model ini jika telah benar (tanpa adanya kesalahan) maka dapat langsung dieksekusi ke model lainnya atau alat lainnya yang dapat menjalankan proses lebih lanjut.

Dalam menggambarkan proses bisnis, BPMN menggunakan 4 (empat) kategori dasar pembentuk elemen proses bisnis antara lain yaitu: *flow objects*, *artefacts*, *connecting objects*, dan *swimlanes* dengan simbol/notasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10. *Swimlanes* digunakan untuk menggambarkan pelaku atau fungsi dari suatu proses bisnis sedangkan *flow objects* terdiri dari *event*, aktivitas, dan *gateway*. *Artefacts* biasanya berisi *object data*, sedangkan *connecting objects* terdiri dari aliran urutan dan aliran pesan.

Data dan informasi yang diperoleh baik secara primer maupun sekunder pada tahapan ini adalah:

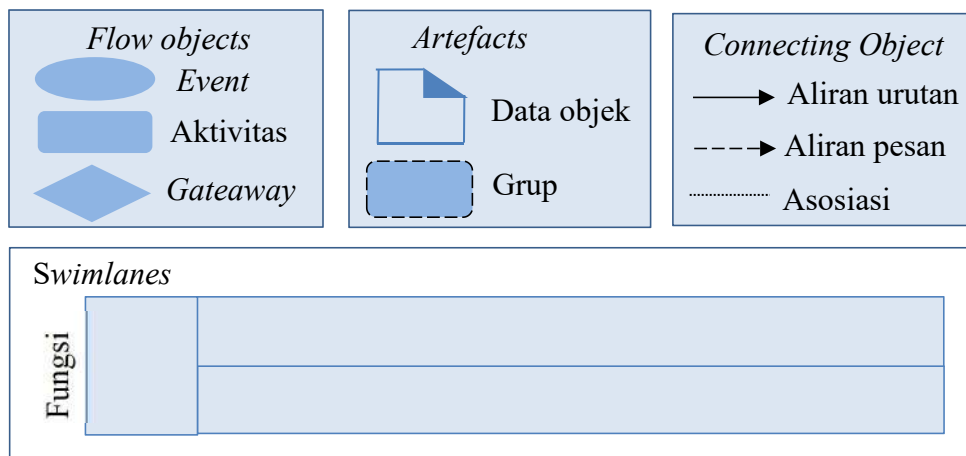
- ✓ Sistem rantai pasok balik multistahap pada agroindustri herbal. Informasi ini diperoleh berdasarkan hasil studi literatur maupun wawancara dengan berbagai pihak antara lain: agroindustri herbal, BBPOM Jawa Tengah dan instansi GP (Gabungan Pengusaha) Jamu.
- ✓ Pelaku pada rantai pasok agroindustri herbal. Pelaku pada rantai pasok yang diteliti dimulai dari pemasok, pabrik, distributor dan konsumen. Data dan informasi didapatkan dari hasil pengamatan

langsung dan wawancara dengan pemasok, pabrik dan distributor herbal.

- ✓ Kegiatan setiap pelaku yang berkaitan dengan aliran logistik baik maju maupun balik pada rantai pasok agroindustri herbal. Informasi ini diperoleh melalui pengamatan langsung maupun wawancara dengan pihak-pihak terkait.

Adapun langkah-langkah dalam pembuatan model proses bisnis adalah sebagai berikut:

- Langkah 1. Identifikasi pelaku rantai pasok.
- Langkah 2. Identifikasi komponen/subsistem/sub-subsistem rantai pasok.
- Langkah 3. Desain/deskripsi rincian/alur kegiatan/aktivitas.
- Langkah 4. Desain/deskripsi hubungan antara pelaku rantai pasok.
- Langkah 5. Desain proses bisnis setiap pelaku rantai pasok.
- Langkah 6. Desain model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal.



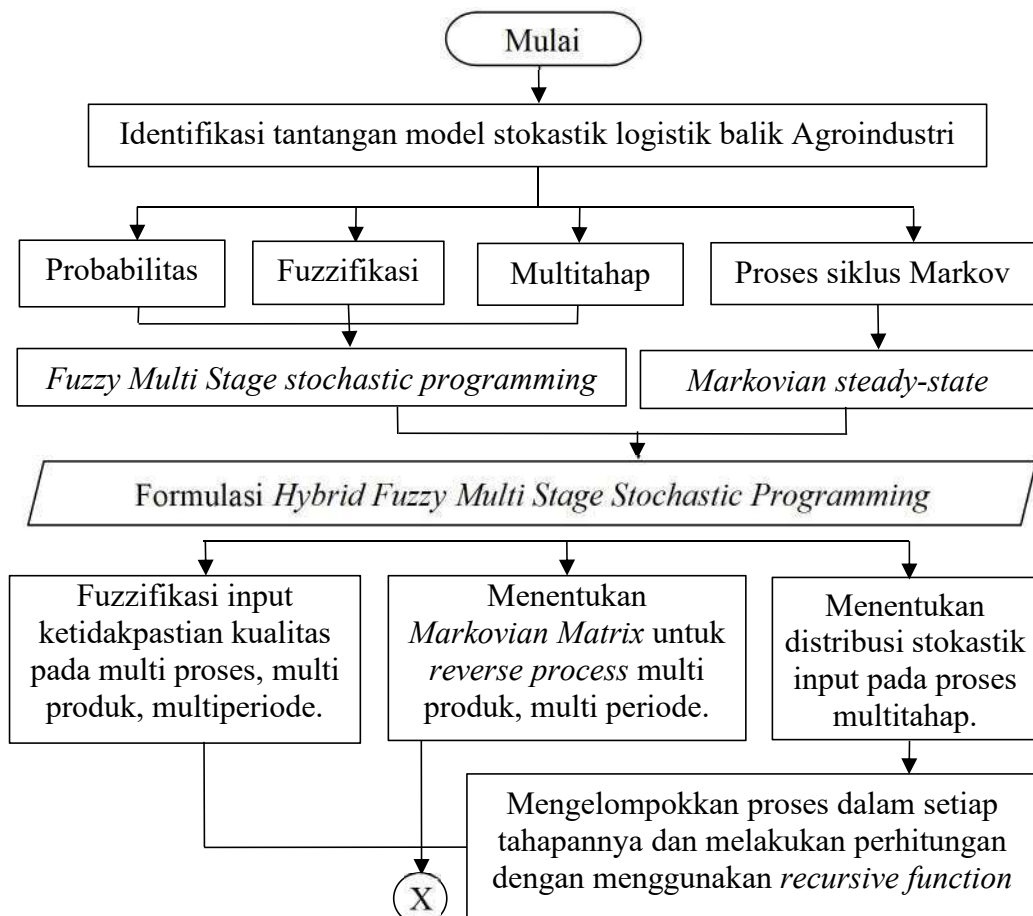
Gambar 10 Notasi elemen diagram proses bisnis (dimodifikasi dari Stiehl *et al.* 2014)

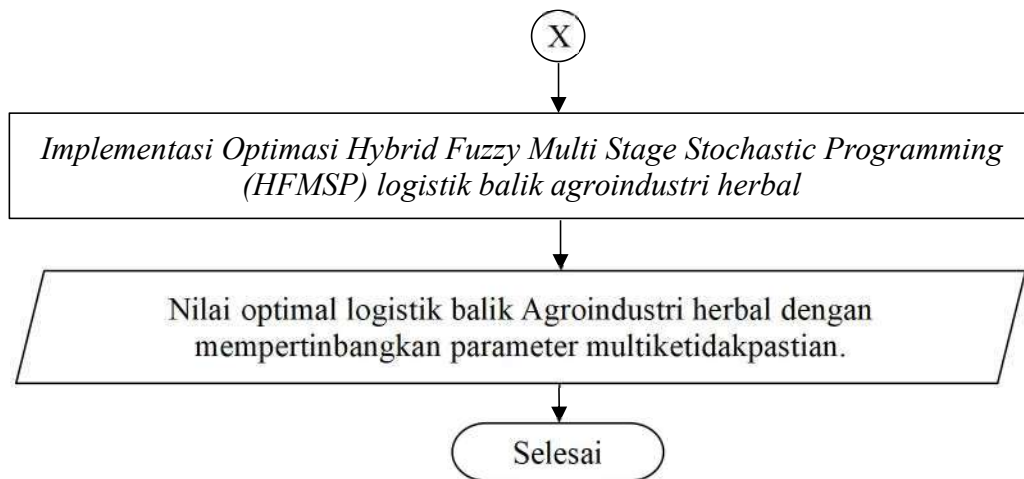
(2) Model formulasi optimasi rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam desain model formulasi optimasi rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 11 antara lain adalah sebagai berikut:

- Langkah 1. Identifikasi tantangan model stokastik logistik balik Agroindustri.
- Langkah 2. Identifikasi Ketidakpastian (probabilitas) preferensi pasokan bahan baku.
- Langkah 3. Identifikasi ketidakpastian (*fuzzy*) kualitas bahan baku.
- Langkah 4. Identifikasi variabel, parameter dan fungsi tujuan di setiap tahapan rantai pasok balik agroindustri herbal.

- Langkah 5. Melakukan desain awal model formulasi optimasi stokastik *fuzzy* rantai pasok balik multistage agroindustri herbal.
- Langkah 6. Identifikasi matriks transisi siklus markov.
- Langkah 7. Melakukan desain awal model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* rantai pasok balik multistage agroindustri herbal.
- Langkah 8. Melakukan Fuzzifikasi input ketidakpastian kualitas pada multi proses, multi produk, multiperioda.
- Langkah 9. Menentukan *markovian Matrix* untuk *reverse process* multi produk, multi periode.
- Langkah 10. Menentukan distribusi stokastik input pada proses multistage.
- Langkah 11. Mengelompokkan proses dalam setiap tahapannya dan melakukan perhitungan dengan menggunakan *recursive function*.
- Langkah 12. Implementasi Optimasi *Hybrid Fuzzy Multi Stage Stochastic Programming (HF MSP)* logistik balik agroindustri herbal.
- Langkah 13. Menentukan nilai optimal logistik balik Agroindustri herbal dengan mempertimbangkan parameter multiketidakpastian.





Gambar 11 Tahapan desain model formulasi optimasi rantai pasok balik

(3) Model kontrak adaptif rantai pasok balik multistage agroindustri herbal

Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam desain model formulasi optimasi rantai pasok balik multistage agroindustri herbal antara lain adalah sebagai berikut:

- Langkah 1. Identifikasi variabel kesepakatan kontrak meliputi kuantitas produk dan harga untuk pelaku rantai pasok balik multistage multiperiode.
- Langkah 2. Identifikasi kesepakatan reward dan penalti kinerja kontrak.
- Langkah 3. Identifikasi perubahan variabel kontrak.
- Langkah 4. Identifikasi besaran bagi keuntungan.
- Langkah 5. Melakukan desain model kontrak adaptif rantai pasok balik multistage multiperiode agroindustri herbal.

(4) Verifikasi dan validasi model

Tahapan verifikasi dan validasi model merupakan tahapan sebelum mengaplikasikan model ke dalam dunia nyata. Proses verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa program komputer dari model yang dikomputerisasikan dapat berjalan dengan benar. Validasi dikerjakan sebagai pembuktian bahwa pada lingkup penerapannya model yang dikomputerisasi memiliki tingkat konsistensi yang memadai dengan penerapan model yang diinginkan. Verifikasi dan validasi diperlukan untuk memastikan hasil perhitungan dari model yang dibangun sesuai dengan identifikasi sistem yang telah dilakukan terlebih dahulu. Model yang dirancang pada penelitian ini terdiri dari tiga model, yaitu model proses bisnis, model formulasi optimasi dan model kontrak adaptif. Suatu pengembangan model mempunyai tujuan tertentu dan validasi model akan selalu mengacu pada tujuan tersebut.

Menurut Sargent (2013), pada proses pengembangan model perlu dilakukan validasi model konseptual, verifikasi secara komputasi, dan

validasi operasional untuk memastikan model yang dikembangkan memiliki keterandalan yang baik. Model proses bisnis merupakan model konseptual pada penelitian ini. Jenis validasi yang digunakan pada model proses bisnis adalah validasi rupa (*face validity*). Validasi rupa pada model proses bisnis diperoleh dengan cara mengklarifikasi model proses bisnis yang disusun kepada pihak agroindustri herbal, yang dalam hal ini diwakilkan pada manajer produksi di unit proses bisnis herbal. Sementara untuk model optimasi, sebelum validasi dilakukan, maka terlebih dahulu dilakukan verifikasi terhadap model yang dihasilkan. Model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* pada rantai pasok balik agroindustri herbal diimplementasikan pada pemrograman komputer. Verifikasi secara komputasi dilakukan untuk memastikan bahwa model yang diimplementasikan dalam pemrograman komputer dapat berjalan dengan benar. Validasi dan verifikasi model optimasi secara komputasi dilakukan bersamaan melalui program komputer, dengan pengujian *white box testing* dan *black box testing*. *White box testing* merupakan pemeriksaan *coding* yang dilakukan seiring dengan pengembangan model. Sementara, *black box testing* bertujuan untuk memeriksa konsistensi perhitungan dan kesalahan dari model yang dibangun. Validitas operasional juga dilakukan pada model optimasi stokastik *hybrid fuzzy* rantai pasok balik agroindustri herbal. Validasi operasional pada model optimasi dilakukan dengan melakukan inputan data pada kondisi ekstrim dan melihat pengaruhnya pada variabel terkait. Model terakhir yang didesain adalah model kontrak adaptif. Validasi rupa dan validasi operasional dijalankan pada model kontrak untuk memastikan sesuai dengan kebutuhan sistem. Validasi operasional pada penelitian ini dikerjakan dengan cara mengubah nilai input dan parameter model untuk menentukan pengaruhnya pada perilaku model dan keluarannya.

3.3 Tata Laksana Penelitian

3.3.1 Jenis dan Sumber Data

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lapangan dan wawancara langsung dengan para pakar yang sesuai dengan topik penelitian. Data sekunder diperoleh dari kajian pustaka, laporan teknis dari dinas terkait, dan lembaga penelitian. Data sekunder dikumpulkan untuk memperoleh data produk meliputi preferensi pemilihan pemasok bahan baku, harga produk, dan lain-lain. Perolehan data sekunder dilakukan melalui pihak-pihak yang terkait utamanya pelaku rantai pasok herbal yang tergabung dalam Gabungan Pengusaha (GP) Jamu Indonesia serta BPOM Jawa Tengah.

3.3.2 Teknik Pengumpulan Data Penelitian

Alat bantu yang digunakan dalam pengumpulan data antara lain kuesioner dan alat bantu rekam. Narasumber yang terlibat antara lain akademisi, peneliti, dan praktisi. Lembaga asal narasumber antara lain: Institut Pertanian Bogor, Gabungan Pengusaha (GP) Jamu, Badan Pengawasan Obat dan Makanan (BPOM), serta Dinas Perindustrian dan Perdagangan.

Pemilihan lokasi dan pelaku rantai pasok dilakukan secara *purposive*. Lokasi pengumpulan data dilakukan di daerah propinsi Jawa Tengah. Objek penelitian adalah pelaku rantai pasok agroindustri herbal yang terdiri atas pemasok, produsen, distributor, dan konsumen yang tersebar di wilayah Jawa Tengah. Data tersebut akan dijadikan bahan untuk melakukan desain model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal.

Untuk model optimasi dan kontrak rantai pasok, penelitian ini menggunakan perusahaan yang dapat mewakili masing-masing pelaku rantai pasok dan telah membentuk jaringan rantai pasok yang cukup stabil sehingga memungkinkan untuk diintegrasikan dalam jaringan rantai pasok yang terintegrasi. Adapun secara garis besar prosedur penelitian mencakup input, proses, dan keluaran setiap desain model dapat dilihat pada Tabel 7,8,9, sedangkan instrumen penelitian dapat dilihat pada Tabel 10.

Indikator keberhasilan pengumpulan dan pengolahan data untuk tujuan desain proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal adalah validitas data yang dipeoleh. Uji validitas dilakukan melalui uji kredibilitas triangulasi. Dalam pengujian kredibilitas, triangulasi diartikan sebagai pengecekan data dari berbagai sumber dengan bermacam cara dan beragam waktu dengan demikian triangulasi terdiri atas triangulasi sumber, triangulasi teknik pengumpulan data, dan triangulasi waktu. Triangulasi sumber dilakukan dengan cara mengecek data yang diperoleh melalui beberapa sumber. Data yang diperoleh dari beberapa sumber tersebut dideskripsikan, dikategorikan, dan akhirnya diminta kesepakatan (*member check*) untuk mendapatkan kesimpulan.

3.3.3 Lokasi dan Waktu Pelaksanaan Penelitian

Penelitian dilakukan selama kurang lebih 3 tahun yaitu antara bulan Juni 2018 hingga Juni 2021 meliputi rantai pasok herbal di bawah koordinasi Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) dan Gabungan Pengusaha (GP) Jamu daerah propinsi Jawa Tengah. Agroindustri herbal yang dipilih sebagai objek penelitian dilakukan berdasarkan teknik *purposive sampling*.

Tabel 7 Prosedur desain proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal

No	Proses	Input	Pendekatan/ Metode	Keluaran	Indikator keberhasilan
I Desain proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal					
1.1	Mengidentifikasi pelaku rantai pasok/aktor beserta aktivitas yang dilakukan serta hubungannya dengan pelaku/aktor rantai pasok lainnya.	Pelaku rantai pasok serta kegiatan/aktivitas.	<i>Use Case Diagram</i>	Hubungan antara pelaku rantai pasok dalam aktivitas yang dilakukan.	Validitas model 60%.
1.2	Mendesain/mendeskripsikan rincian/alur kegiatan/aktivitas yang dilakukan untuk menyelesaikan kegiatan/aktivitas yang memiliki kompleksitas di atasnya.	Rincian/Sub kegiatan dari awal hingga akhir dari suatu kegiatan.	<i>Activity Diagram</i>	Diagram rincian/alur kegiatan/aktivitas yang dilakukan untuk menyelesaikan kegiatan/aktivitas yang memiliki kompleksitas di atasnya.	Validitas model 60%.
1.3	Desain tingkatan proses dalam rantai pasok agroindustri herbal.	Aktivitas utama, sub aktivitas, beserta keterkaitannya.	<i>Process Hierarchy Diagram (PHD)</i>	Diagram tingkatan proses dalam rantai pasok agroindustri herbal.	Validitas model 60%.
1.4	Desain proses bisnis yang dilakukan setiap pelaku rantai pasok.	<i>Flow Objects, Artifacts, Connecting Objects dan Swimlane.</i>	<i>Business Process Diagram (BPD)</i>	Diagram proses bisnis yang dilakukan setiap pelaku rantai pasok.	Validitas model 60%.

No	Proses	Input	Pendekatan / Metode	Keluaran	Indikator keberhasilan
I Desain proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal					
1.5	Mendesain/menggambarkan/mendeskripsikan hubungan antara pelaku rantai pasok dengan pelaku lainnya dalam satu kelas aktivitas utama.	Pelaku rantai pasok dalam suatu aktivitas utama, sub aktivitas, dan keterkaitannya antar pelaku dalam rantai pasok dan satu aktivitas utama.	<i>Sequence Diagram</i>	Diagram keterkaitan sub aktivitas para pelaku rantai pasok dalam satu aktivitas utama.	Validitas model 60%.
1.6	Desain model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal.	<i>Use Case Diagram, Activity Diagram, Sequence Diagram, Business Process Diagram (BPD).</i>	<i>Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0.</i>	Model proses bisnis rantai pasok.	Validitas model 60%.

Tabel 8 Prosedur desain model stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal

No	Proses	Input	Pendekatan/ Metode	Keluaran	Indikator keberhasilan
II Desain model formulasi optimasi rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal					
2.1	Identifikasi variabel dan parameter keputusan di setiap pelaku rantai pasok.	Probabilitas preferensi pemilihan pemasok, karakteristik bahan baku, matriks transisi markov, konsumen.	Optimasi	Fungsi tujuan	Validitas model 60%.
2.2	Identifikasi fungsi batasan fungsi tujuan.	Ketersediaan sumber daya, kapasitas.	Optimasi	Fungsi kendala/batasan	Validitas model 60%.
2.3	Desain model stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik dan multiperiode agroindustri herbal.	Nilai variabel, parameter dan batasan	<i>Hybrid Fuzzy Multistage Stochastic Programming (HFMS)</i>	Model stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik dan multiperiode agroindustri herbal.	Validitas model 60%.
2.4	Uji coba model stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal.	Formulasi model optimasi beserta besaran nilainya.	<i>Hybrid Fuzzy Multistage Stochastic Programming (HFMS)</i>	Jumlah produk dan total biaya minimal untuk setiap periode operasi.	Validitas model 60%.

Tabel 9 Prosedur desain model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal

No	Proses	Input	Pendekatan/ Metode	Keluaran	Indikator keberhasilan
III Desain model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal					
3.1	Identifikasi pelaku kontrak beserta kesepakatan besaran pada kontrak	Kuantitas produk beserta harganya	<i>Hybrid Fuzzy Multistage Stochastic Programming (HFMSPP)</i>	Klausul kontrak dalam hal kuantitas produk	Validitas model 60%.
3.2	Melakukan perhitungan bagi keuntungan	Variabel keputusan, fungsi tujuan meliputi: Harga jual produk, kuantitas produk, biaya produksi, dll.	<i>Win-win solution</i>	Besar keuntungan, <i>reward</i> , penalti untuk setiap pihak yang terkait dalam kontrak	Validitas model 60%.
3.3	Desain bagi keuntungan yang bersifat adaptif	Perubahan variabel dan parameter kontrak	Sistem adaptif	Sistem bagi hasil yang adaptif	Validitas model 60%.
3.4	Desain model kontrak adaptif	Besaran variabel, <i>reward</i> dan penalti kontrak beserta perubahannya.	Kontrak adaptif	Model kontrak adaptif	Validitas model 60%.

Tabel 10 Instrumen Penelitian

No	Tujuan	Metodologi	Kebutuhan informasi/data	Keterangan (Unit/Objek/Satuan)	Sumber / Instansi	Bentuk instrumen
1	Menganalisis dan mendesain model proses bisnis rantai pasok ballik multistahap agroindustri herbal.	Diagram Struktur Proses/ <i>Process Hierarchy Diagram</i> (PHD) Diagram Proses Bisnis/ <i>Business Process Diagram</i> (BPD)	Pelaku rantai pasok Struktur hierarki rantai pasok serta aktivitasnya Kategori pelaku rantai pasok Aktor di setiap pelaku rantai pasok. Aktivitas pada setiap pelaku rantai pasok baik <i>forward</i> maupun <i>reverse logistics</i> meliputi aliran produk, uang, dan informasi beserta teknologi yang digunakan. Permasalahan aliran produk, uang, dan informasi pada rantai pasok.	Pihak rantai pasok balik multistahap Industri Obat Tradisional (IOT); Usaha Kecil Obat Tradisional (UKOT) aktor aktivitas Aliran produk, uang, dan informasi.	<ul style="list-style-type: none"> • Peneliti (IPB). • Akademisi (IPB). • Penyuluh (Dinas Perindustri-an, BPOM). • Praktisi (GP Jamu terdiri dari: Pemasok, processor, distributor) 	Observasi, wawancara, diagram.

No	Tujuan	Metodologi	Kebutuhan informasi/data	Keterangan (Unit/ Objek/Satuan)	Sumber / Instansi	Bentuk instrumen
	Menganalisis dan mendesain model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal.	Notasi dan Model Proses Bisnis/ <i>Business Process Model and Notation</i> (BPMN 2.0)	Proses bisnis rantai pasok agroindustri herbal meliputi setiap pelaku rantai pasok.	Diagram proses bisnis.		Observasi, wawancara, Diagram
2	Desain model formulasi optimasi stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal.	Identifikasi ketidakpastian Identifikasi biaya rantai pasok balik multistahap Identifikasi pemasok Identifikasi produk	stokastik <i>fuzzy</i> Matriks transisi Biaya apa saja yang membentuk biaya rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal? Bahan baku produk Tipe Pemasok Preferensi pemilihan pemasok bahan baku Produk utama Produk sekunder Produk tersier Rendemen	Besaran jenis g, jenis jenis probabilitas Jenis, g	<ul style="list-style-type: none"> • Peneliti (IPB). • Akademisi (IPB). • Penyuluh (Dinas Perindustrian, BPOM). • Praktisi (GP Jamu terdiri dari: Pemasok, prosessor, distributor) 	Wawancara, kajian literatur. Wawancara Observasi, wawancara, kajian literatur.

No	Tujuan	Metodologi	Kebutuhan informasi/data	Keterangan (Unit/ Objek/Satuan)	Sumber / Instansi	Bentuk instrumen	
3	Desain model formulasi optimasi stokastik <i>hybrid fuzzy</i> rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal.	Identifikasi besaran biaya Identifikasi bahan baku Identifikasi kapasitas Identifikasi produk <i>reverse</i>	Biaya bahan baku Biaya produksi Biaya distribusi Harga bahan baku Kebutuhan bahan baku Kualitas bahan baku Kapasitas maksimum pasokan Kapasitas maksimum penawaran Kapasitas maksimum permintaan Jumlah produk	Rupiah g kelas g	<ul style="list-style-type: none"> • Peneliti (IPB). • Akademisi (IPB). • Penyuluh (Dinas Perindustrian, BPOM). • Praktisi (GP Jamu terdiri dari: Pemasok, prosessor, distributor). 	Wawancara	
	Desain model kontrak adaptif rantai pasok agroindustri herbal.	Identifikasi pelaksanaan kontrak Identifikasi kesesuaian informasi (simetri/non simetri)	Keberadaan kontrak Efektivitas kontrak Pihak yang terlibat dalam kontrak Permasalahan kontrak Jenis kontrak Kesesuaian informasi antara pelaku rantai pasok dengan pelaku rantai pasok berikutnya terkait ongkos produksi	Ada/tidak Efektif/tidak Siapa saja Apa saja jenis Simetri/asimetri			Wawancara, kajian literatur.
		Identifikasi kesediaan terhadap kontrak adaptif	Kesediaan terlibat dalam kontrak adaptif	Bersedia/tidak			

No	Tujuan	Metodologi	Kebutuhan informasi/data	Keterangan (Unit/Objek/Satuan)	Sumber/Instansi	Bentuk instrumen
	Desain model kontrak adaptif rantai pasok agroindustri herbal.	Identifikasi peluang keberhasilan panen dan bagi hasil	Besaran keberhasilan panen/produksi per periode kontrak	Persen	<ul style="list-style-type: none"> • Peneliti (IPB). • Akademisi (IPB). • Penyuluh (Dinas Perindustrian, BPOM). • Praktisi (GP Jamu terdiri dari: Pemasok, prosessor, distributor) 	Wawancara
			Risiko kegagalan produksi	Persen		
			Identifikasi risiko terkecil (perbandingan harga di pasar)	Rupiah		
		Identifikasi pasar	Permintaan pasar pada setiap rantai pasok per periode kontrak	Unit		
			Harga pasar terendah untuk produk pada setiap rantai pasok per periode kontrak?	Rupiah		
		Identifikasi pasar	Harga pasar tertinggi untuk produk pada setiap rantai pasok per periode kontrak?	Rupiah		
			Identifikasi pelaku kontrak pada rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal	Eksistensi pemasok		Persen
			Penalti	Rupiah/unit		
		Peluang pembelian		Harga beli		Rupiah
				Harga jual		
	Harga beli kembali					
	Jumlah pembelian kembali			Unit		
			Peluang membeli dari supplier kontrak	Persen		
			Peluang membeli dari supplier lain			

IV ANALISIS SITUASIONAL

4.1 Rantai Pasok Agroindustri Herbal

Industri farmasi Indonesia telah lama berdiri dan mampu memenuhi 75 % kebutuhan obat dalam negeri. Industri ini merupakan salah satu industri prioritas karena telah berkontribusi secara signifikan terhadap perekonomian nasional. Pada triwulan I tahun 2019, industri farmasi, produk obat kimia dan obat tradisional mampu tumbuh hingga 8,12% atau melampaui pertumbuhan ekonomi di angka 5,07%. 95% bahan baku yang harus diimpor mengakibatkan neraca perdagangan industri farmasi Indonesia masih defisit hingga saat ini. Meski ekspor pada tahun 2018 sudah sampai USD 1,14 miliar dimana lebih tinggi dibandingkan 2017, namun impor bahan baku farmasi ternyata masih lebih tinggi.

Munculnya pandemik Covid-19 di Indonesia, menciptakan tren baru konsumsi minuman herbal yang diyakini dapat meningkatkan imunitas tubuh. Pewacanaan produk obat-obatan dan vitamin berbasis tanaman herbal pun muncul kembali mengingat rantai pasok industri farmasi yang sempat terganggu. Dalam dunia farmasi, tanaman obat ini bisa diproduksi menjadi Obat Modern Asli Indonesia (OMAI) yang bisa berstandar Obat Herbal Terstandar (OHT) maupun Fitofarmaka (An Naafi 2020). Kebutuhan akan produk herbal yang tinggi di masa pandemi telah berdampak pada kenaikan secara drastis pertumbuhan/penguatan rantai pasok herbal sebesar 50% (GP Jamu 2020).

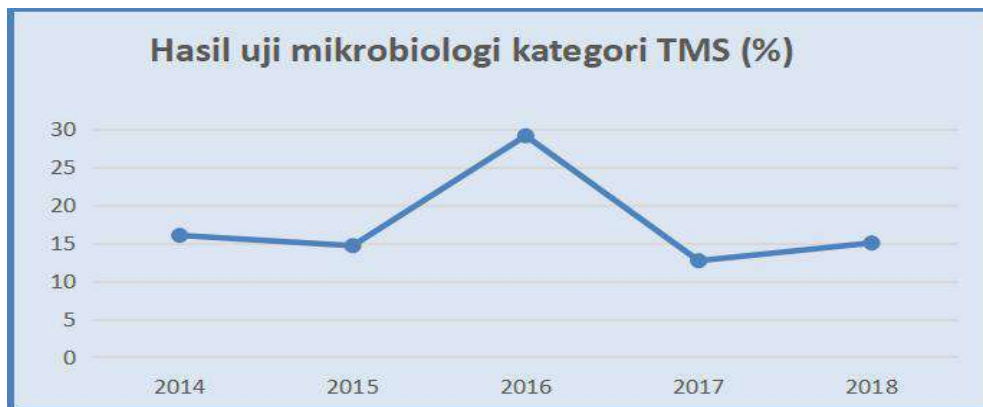
4.2 Permasalahan Rantai Pasok Agroindustri Herbal

Permintaan jamu dalam negeri mengalami peningkatan dengan pertumbuhan pangsa pasar yang lebih baik daripada tingkat pertumbuhan industri farmasi. Terdapatnya tren *back to nature* mengakibatkan masyarakat semakin menyadari pentingnya penggunaan bahan alami bagi kesehatan. Masyarakat semakin memahami keunggulan penggunaan obat tradisional, antara lain: harga yang lebih murah, kemudahan dalam memperoleh produk, dan mempunyai efek samping yang minimal. Namun, di sisi lain, pelaku usaha industri jamu masih menemui kendala dalam menciptakan produk berkualitas, berdaya saing tinggi dan berorientasi pasar. Kendala yang kedua adalah permasalahan akses permodalan pada usaha jamu terutama, usaha jamu tradisional: pengembangan tanaman obat bahan baku jamu dan proses pengolahan yang efisien, serta kendala terkait peraturan dan prosedur pengujian laboratorium (Kemendag 2014).

Berdasarkan data 5 (lima) tahun akhir Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Jawa Tengah keberadaan produk obat tradisional (herbal di antaranya) menunjukkan kinerja yang masih rendah. Data yang diperoleh dari 122 sarana produksi, rata-rata 20% di antaranya tidak memenuhi standar kualitas. Standar kualitas produk herbal ditentukan di antaranya dari standar cemaran mikroba pada obat tradisional pada BPOM RI No. 12 tahun 2014 tentang Persyaratan Mutu Obat Tradisional yaitu jumlah angka lempeng bakteri maksimal 1.000.000 cfu/g dan angka kapang khamir maksimal 10.000 cfu/g. Dari kurang lebih seratusan sarana distribusi rata-rata sekitar 70% tidak memenuhi standar distribusi. Dari gambaran sebaran data tersebut dapat diketahui permasalahan yang dihadapi antara lain: kepatuhan pelaku usaha utamanya pada sarana produksi dan distribusi obat tradisional dan kosmetika terhadap peraturan perundang-undangan di bidang obat dan makanan masih rendah; kurangnya kesadaran pelaku usaha dalam

pemenuhan standar produksi dan distribusi obat dan makanan serta registrasi produk dalam rangka memenuhi jaminan keamanan terhadap konsumen; tindak lanjut hasil pengawasan oleh *stakeholder* belum optimal sehingga diperlukan koordinasi yang lebih intensif; belum optimalnya koordinasi dan penyamaan persepsi terkait kasus pidana; belum optimalnya kerja sama dan keikutsertaan lintas sektor dalam penanganan peredaran/distribusi.

Bermula dari bahan baku yang dipasok oleh pemasok dapat diketahui bahwa kualitas bahan yang rendah mempengaruhi kualitas produksi dan produk akhir. Dari hasil uji mikrobiologi Tahun 2014 s.d. 2018 dapat dilihat bahwa hasil uji yang Tidak Memenuhi Syarat (TMS) meningkat dari tahun ke tahun (Gambar 12). Selanjutnya pada bagian manufaktur/produksi, hasil pemeriksaan sarana produksi kategori pengajuan sertifikasi Cara Produksi Obat Tradisional yang Baik (CPOTB) Tahun 2014 s.d. 2018 menunjukkan adanya penurunan (Gambar 13). Demikian pula hasil pemeriksaan sarana produksi kategori TMS Tahun 2014 s.d. 2018 yang meningkat, menunjukkan kinerja yang belum optimal (Gambar 14). Pada sisi distributor, hasil pengawasan rutin sarana distribusi kategori TMS Tahun 2014 s.d. 2018 menunjukkan peningkatan yang berarti kinerja distribusi yang menurun (Gambar 15). Terakhir pada sisi konsumen terdapat pengaduan masyarakat yang mengalami peningkatan Tahun 2014 s.d. 2018 (Gambar 16). Hal tersebut menunjukkan masih rendahnya kualitas produk obat tradisional termasuk herbal di dalamnya.



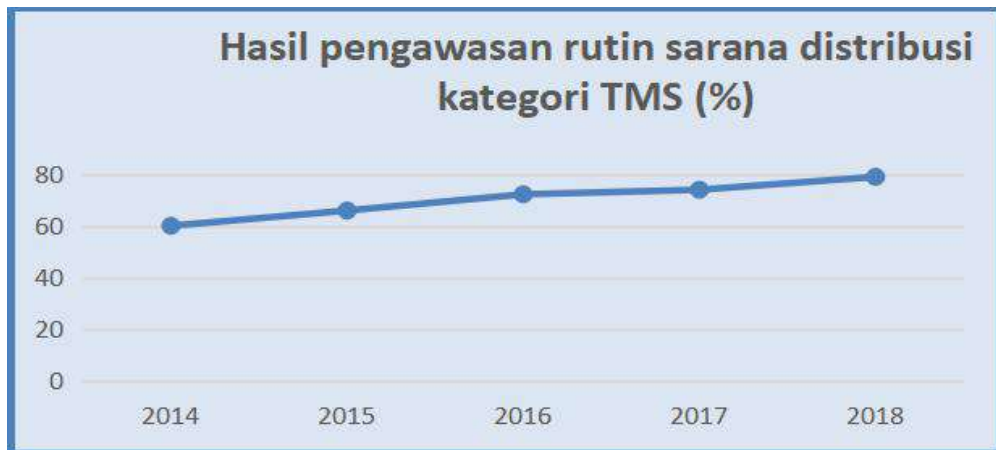
Gambar 12 Hasil uji mikrobiologi kategori TMS



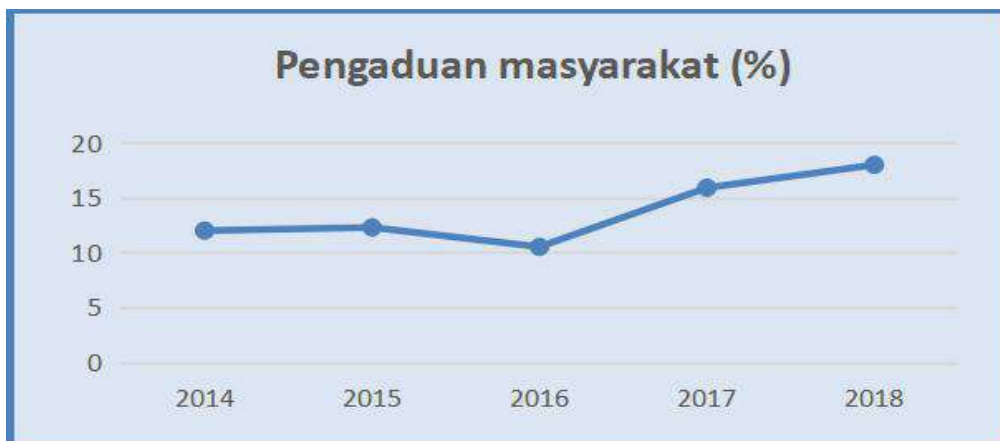
Gambar 13 Hasil pengajuan sertifikasi CPOTB



Gambar 14 Hasil pemeriksaan sarana produksi kategori TMS



Gambar 15 Hasil pengawasan sarana distribusi kategori TMS



Gambar 16 Pengaduan masyarakat

Berdasarkan gambar dan uraian di atas dapat dirangkum kondisi sistem rantai pasok herbal (beserta permasalahan yang dihadapi) seperti yang diperlihatkan pada Tabel 11.

Tabel 11 Kondisi sistem rantai pasok herbal (permasalahan yang dihadapi)

No	Kondisi saat ini (permasalahan yang dihadapi)
1	Pertumbuhan pangsa pasar yang tinggi namun belum bisa terpenuhi.
2	Terdapatnya beberapa keunggulan produk herbal dibandingkan produk farmasi antara lain dalam hal : harga, pasokan, dan efek samping namun belum bisa bersaing dengan produk farmasi.
3	Rendahnya kualitas produk herbal.
4	Belum optimalnya daya saing produk herbal di pasaran (kurangnya respon pelaku agroindustri herbal terhadap pasar).
5	Lemahnya aspek keuangan.
6	Rendahnya efisiensi proses pengolahan.
7	Sulitnya prosedur uji laboratorium.
8	Belum optimalnya respon pelaku agroindustri herbal terhadap peraturan perundang-undangan.
9	Kurangnya respon pelaku agroindustri herbal terhadap standar registrasi, produksi dan distribusi untuk jaminan keamanan terhadap konsumen.
10	<i>Stakeholder</i> belum optimal dalam menindaklanjuti hasil pengawasan.
11	Belum optimalnya koordinasi dan penyamaan persepsi terkait kasus pidana.
12	Belum optimalnya kerja sama dan keikutsertaan lintas sektor dalam penanganan peredaran/distribusi.
13	Kualitas bahan baku yang rendah mempengaruhi kualitas produksi dan produk akhir.
14	Hasil uji produk herbal yang Tidak Memenuhi Syarat (TMS) menunjukkan tren naik.
15	Hasil pemeriksaan sarana produksi kategori pengajuan sertifikasi Cara Produksi Obat Tradisional yang Baik (CPOTB) menunjukkan tren menurun.
16	Hasil pemeriksaan sarana produksi yang TMS menunjukkan tren naik.
17	Hasil pengawasan rutin sarana distribusi kategori TMS menunjukkan tren naik.
18	Pengaduan masyarakat menunjukkan tren naik.

4.3 Identifikasi dan Analisis Kebutuhan Sistem Rantai Pasok Balik Multitahap Agroindustri Herbal

Bertolak pada gambaran kondisi rantai pasok herbal beserta permasalahan yang dihadapi yang telah diuraikan pada subbab sebelumnya dapat dikelompokkan kondisi rantai pasok herbal beserta permasalahan yang dihadapi menjadi tiga kelompok tantangan kinerja rantai pasok yaitu: Efisiensi rantai pasok herbal, faktor ketidakpastian, dan kolaborasi rantai pasok yang kemudian dilanjutkan dengan identifikasi kebutuhan sistem rantai pasok beserta solusinya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 12.

Tabel 12 Klasifikasi kondisi dan permasalahan rantai pasok herbal, kebutuhan sistem dan solusi

No	Kondisi rantai pasok herbal	Permasalahan	Kebutuhan sistem	Solusi
I Efisiensi				
1.1	Lemahnya aspek keuangan	Efisiensi anggaran yang belum optimal.	Perlunya sistem rantai pasok yang efisien	Model rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal
1.2	Rendahnya efisiensi proses pengolahan.			
II Ketidakpastian				
2.1	Rendahnya kualitas produk herbal.	Ketidakpastian kualitas pasokan bahan baku dan pengolahan produk	Perlunya sistem pasokan bahan baku yang lebih andal terhadap faktor ketidakpastian pasokan	Model formulasi optimasi stokastik <i>hybrid fuzzy</i> multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal.
2.2	Kualitas bahan baku yang rendah mempengaruhi kualitas produksi dan produk akhir.	Ketidakpastian kualitas pasokan bahan baku.	untuk meningkatkan kepastian kuantitas dan kualitas pasokan produk di pasar.	
2.3	Belum optimalnya daya saing produk herbal di pasaran.	Ketidakpastian pemenuhan produk di pasaran.	Perlunya sistem pasokan bahan baku yang lebih andal terhadap faktor ketidakpastian pasokan	
2.4	Sulitnya pemenuhan prosedur uji laboratorium.	Kualitas produk yang belum optimal.	untuk meningkatkan penerimaan produk sesuai standar.	
2.5	Belum optimalnya respon pelaku agroindustri herbal terhadap peraturan perundang-undangan.	Kinerja proses produksi yang belum optimal sesuai dengan tuntutan standar peraturan yang berlaku.		
2.6	Hasil uji produk herbal yang Tidak Memenuhi Syarat (TMS) menunjukkan tren naik.			
2.7	Hasil pemeriksaan sarana produksi kategori pengajuan sertifikasi Cara Produksi Obat Tradisional yang Baik (CPOTB) menunjukkan tren menurun.			

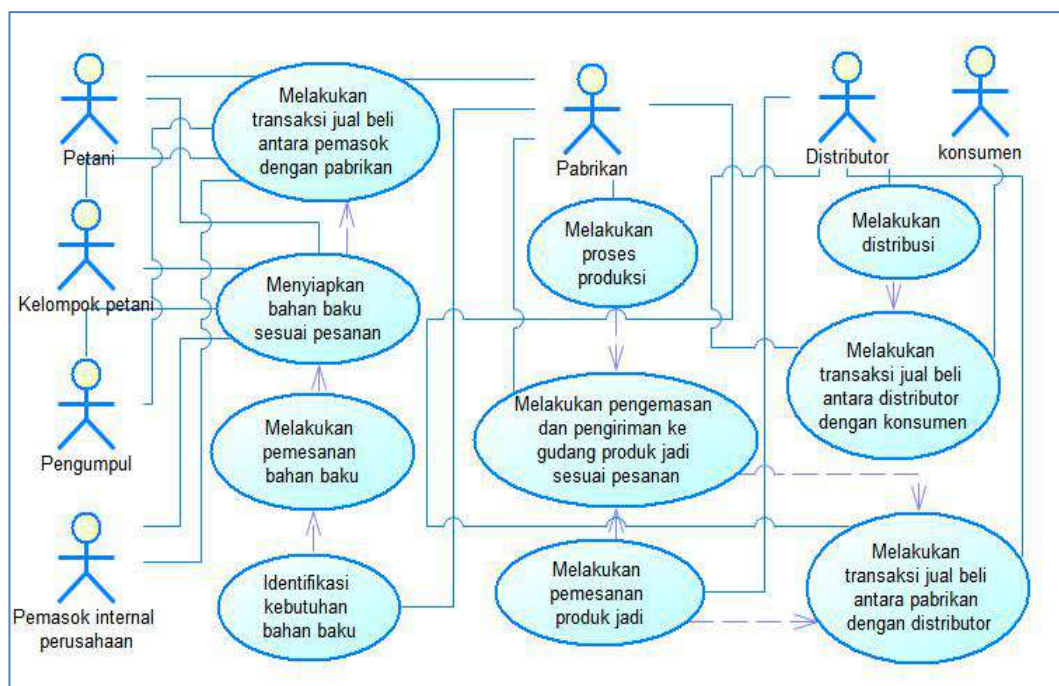
No	Kondisi rantai pasok herbal	Permasalahan	Kebutuhan sistem	Solusi
III Kolaborasi				
3.1	Pertumbuhan pangsa pasar yang tinggi.			
3.2	Terdapatnya beberapa keunggulan produk herbal dibandingkan produk farmasi antara lain dalam hal: harga, pasokan, dan efek samping.	Peluang pasar yang potensial.		
3.3	<i>Stakeholder</i> belum optimal dalam menindaklanjuti hasil pengawasan.			
3.4	belum optimalnya koordinasi dan penyamaan persepsi terkait kasus pidana.	Kolaborasi rantai pasok yang belum optimal.		
3.5	belum optimalnya kerja sama dan keikutsertaan lintas sektor dalam penanganan peredaran/distribusi.		Perlunya sistem kolaborasi yang efektif yang lebih andal terhadap dinamisasi permintaan pasar.	Model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal.
3.6	Hasil pemeriksaan sarana produksi kategori TMS menunjukkan tren naik.	Kinerja proses produksi yang belum optimal.		
3.7	Hasil pengawasan rutin sarana distribusi kategori TMS menunjukkan tren naik.	Kinerja distribusi yang belum optimal.		
3.8	kurangnya respon pelaku agroindustri herbal terhadap standar registrasi, produksi dan distribusi untuk jaminan keamanan terhadap konsumen.	Kinerja rantai pasok yang belum optimal.		
3.9	Pengaduan masyarakat menunjukkan tren naik.			

4.4 Analisis Proses Bisnis Rantai Pasok Herbal

Dumas *et al.* (2018) menyatakan bahwa model proses bisnis merupakan model yang terstruktur yang berisi urutan kegiatan yang saling terkait sehingga memudahkan untuk dilakukan analisis lebih lanjut terhadap kondisi proses yang berlangsung saat ini. Model proses bisnis juga melibatkan pengumpulan data dari suatu kegiatan yang diamati, dan dilakukan pengambilan keputusan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai (Bazhenova *et al.* 2019). Analisis proses bisnis dilakukan berdasarkan pada hasil pengamatan, studi letaratur, dan wawancara baik dengan pelaku agroindustri herbal yang terdiri dari pemasok, pabrik, distributor maupun instansi terkait lainnya seperti Gabungan Pengusaha Jamu, Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), Dinas Perindustrian dan Perdagangan. Untuk memperoleh gambaran yang lebih komprehensif dalam menganalisis proses bisnis rantai pasok herbal digunakan perangkat *Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0*. Adapun tahapan dalam analisis dan pengembangan proses bisnis pada rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal secara umum beserta perangkat yang digunakan terdiri dari beberapa tahapan berikut ini :

4.4.1 Identifikasi Pelaku Rantai Pasok

Identifikasi pelaku rantai pasok/aktor beserta aktivitas yang dilakukan serta hubungannya dengan pelaku/aktor rantai pasok lainnya dilakukan dengan menggunakan perangkat *Use Case Diagram* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 17. Dari Gambar 17 dapat dijelaskan bahwa pelaku/aktor rantai pasok agroindustri herbal terdiri dari pemasok (dengan simbol formulasi *s*) sebagai rantai tahap pertama yang meliputi petani, kelompok petani/koperasi, pengumpul, dan pemasok dari kebun internal perusahaan; pabrik; distributor; dan konsumen dengan masing-masing peran seperti dijelaskan pada Tabel 13.



Gambar 17 *Use case diagram* rantai pasok balik agroindustri herbal

Tabel 13 Pelaku/aktor rantai pasok herbal beserta peranannya

Pelaku/aktor	Peran
Pemasok	✓ Menyediakan bahan baku herbal (simplisia) sesuai pesanan dari pabrikan.
Pabrikan	✓ Menghitung kebutuhan bahan baku herbal ✓ Memproduksi produk herbal sesuai dengan pesanan/permintaan pembeli.
Distributor	✓ Mengirimkan produk herbal ke konsumen.
Konsumen	✓ Membeli produk herbal.

4.4.2 Desain Alur Kegiatan

Desain/deskripsi rincian/alur kegiatan/aktivitas yang dilakukan setiap pelaku rantai pasok untuk menyelesaikan kegiatan/aktivitas yang memiliki kompleksitas di atasnya dilakukan dengan menggunakan perangkat *Activity Diagram* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 18. Dari Gambar 18 dapat dijabarkan setiap aktivitas yang dilakukan oleh setiap pelaku/aktor rantai pasok antara lain dapat juga dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Pelaku/aktor rantai pasok balik herbal beserta aktivitasnya

Pelaku/aktor	Aktivitas
Pemasok	✓ Menanam tanaman herbal ✓ Merawat tanaman herbal ✓ Memanen tanaman herbal ✓ Menyortir tanaman herbal untuk dijadikan bahan baku produk herbal ✓ Melakukan transaksi jual beli bahan baku produk herbal dengan pabrikan ✓ Mengirim bahan baku sesuai pesanan
Pabrikan	✓ Melakukan transaksi dengan pemasok (menerima bahan baku produk herbal dari pemasok sesuai kebutuhan produksi) ✓ Mengolah bahan baku/memproduksi produk herbal sesuai dengan pesanan/permintaan pembeli ✓ Mengirim ke gudang produk jadi untuk didistribusikan ke konsumen
Distributor	✓ Menerima produk jadi dari pabrikan sesuai dengan pesanan ✓ Mengelola produk jadi dalam gudang penyimpanan ✓ Mengirimkan produk herbal ke konsumen
Konsumen	✓ Menerima produk herbal sesuai pesanan/transaksi jual beli produk herbal ✓ Mengonsumsi ✓ Melakukan pengembalian produk herbal

4.4.3 Desain Tingkatan Proses Bisnis

Desain tingkatan proses bisnis pada rantai pasok multistahap agroindustri herbal dilakukan dengan menggunakan perangkat *Process Hierarchy Diagram* (PHD) diantaranya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 22.

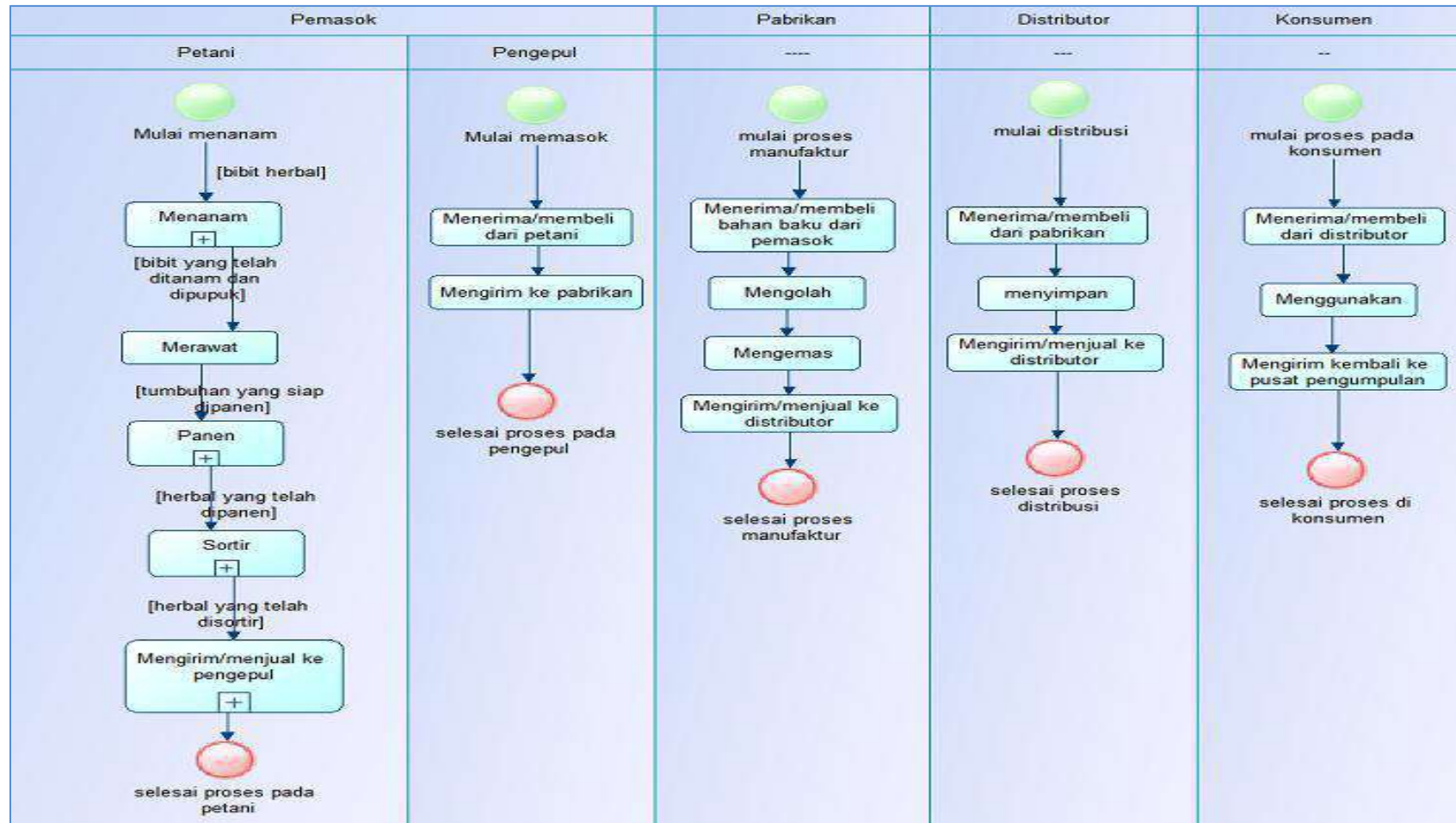
Dapat dijelaskan dari Gambar 22 bahwa proses bisnis yang terjadi pada komponen pabrikan memiliki beberapa tingkatan yaitu tingkatan level 1, level 2, dan level 3. Tingkatan level 1 adalah proses produksi produk herbal, kemudian diturunkan pada level 2 yaitu penyiapan bahan baku, proses produksi/pengolahan, dan persiapan distribusi, selanjutnya diturunkan lagi ke level 3 yaitu proses bisnis yang merupakan turunan dari proses bisnis level di atasnya (level 2). Proses bisnis pada level 3 turunan dari proses bisnis level 2 menerima bahan baku terdiri dari menerima bahan baku dari pemasok, menerima bahan baku dari sisa proses utama, menerima bahan baku dari sisa proses kedua dan menerima bahan baku dari pengembalian konsumen. Proses bisnis pada level 3 turunan dari proses bisnis level 2 melakukan proses produksi terdiri dari melakukan proses produksi produk 1, melakukan proses produksi produk 2, dan melakukan proses produksi hingga produk ke-n. Proses bisnis pada level 3 turunan dari proses bisnis level 2 persiapan distribusi terdiri dari melakukan pengemasan, melakukan inspeksi, dan menyimpan dalam gudang produk jadi.

4.4.4 Desain Proses Bisnis

Desain proses bisnis yang terjadi pada setiap pelaku rantai pasok dilakukan dengan menggunakan perangkat *Business Process Diagram* (BPD) di antaranya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 21. Dari Gambar 21 dapat dijelaskan bahwa proses bisnis yang terjadi pada tahap ketiga yaitu antara distributor dengan konsumen/pasar meliputi proses penerimaan produk jadi dari pabrikan dilanjutkan dengan proses distribusi produk herbal menuju konsumen. Disamping proses logistik maju dari distributor ke konsumen terjadi pula proses logistik balik yaitu dari konsumen menuju distributor yaitu dengan adanya komplain dari pelanggan berupa pengembalian produk. Produk pengembalian diterima distributor untuk dilakukan proses logistik balik menuju pabrikan untuk dijadikan bahan baku produk tersier maupun dibuang ke tempat pembuangan.

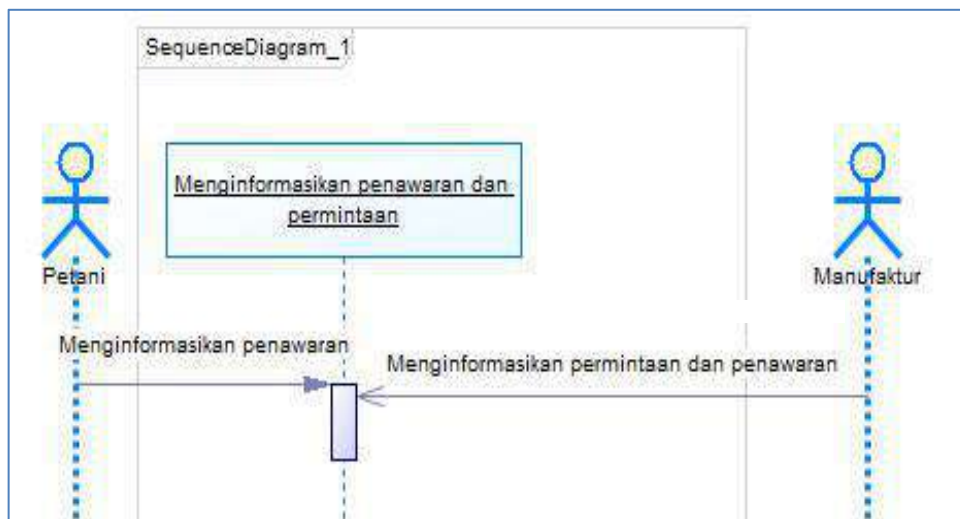
4.4.5 Desain Hubungan Antar Pelaku Rantai Pasok

Desain/gambar/deskripsi hubungan antara pelaku rantai pasok dengan pelaku lainnya dalam satu kelas aktivitas utama dilakukan dengan menggunakan perangkat *Sequence Diagram* di antaranya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 19 dan 20. Gambar 19 memperlihatkan keterlibatan/hubungan dua pelaku/aktor rantai pasok dalam satu aktivitas yang sama antara pemasok dan pabrikan/manufaktur yaitu menginformasikan permintaan dan penawaran baku dalam suatu transaksi jual beli bahan baku di mana pemasok memberikan informasi tentang penawaran bahan baku sedangkan pabrikan memberikan informasi permintaan bahan baku berdasarkan pada data produksi produk herbal. Gambar 20 memperlihatkan keterlibatan/hubungan dua pelaku / aktor rantai pasok dalam satu aktivitas yang

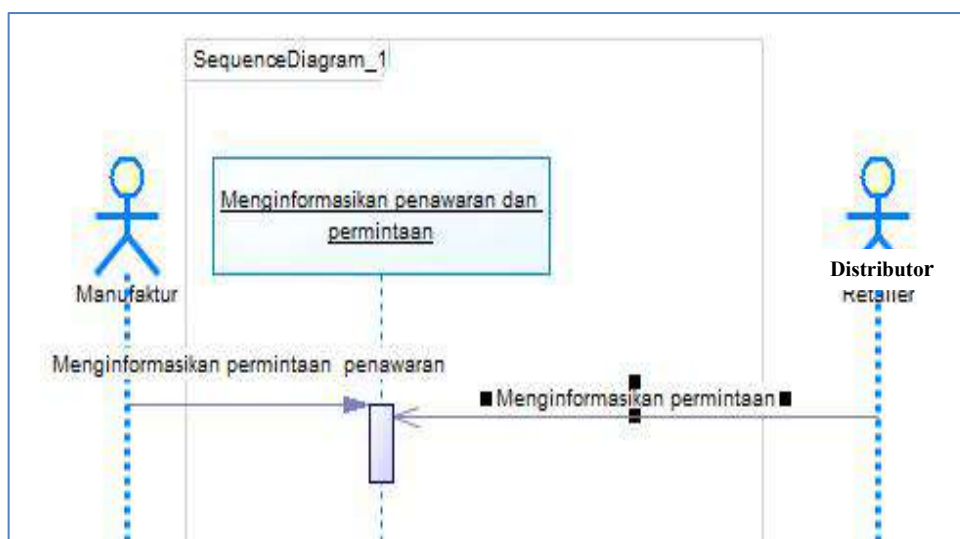


Gambar 18 *Activity Diagram* di dalam setiap tahapan rantai pasok balik agroindustri herbal

sama antara pabrikan/manufaktur dengan distributor yaitu menginformasikan permintaan dan penawaran produk herbal dalam suatu transaksi jual beli produk herbal di mana pabrikan/manufaktur memberikan informasi tentang penawaran produk herbal sedangkan distributor memberikan informasi permintaan produk herbal berdasarkan pada data permintaan konsumen simbol.



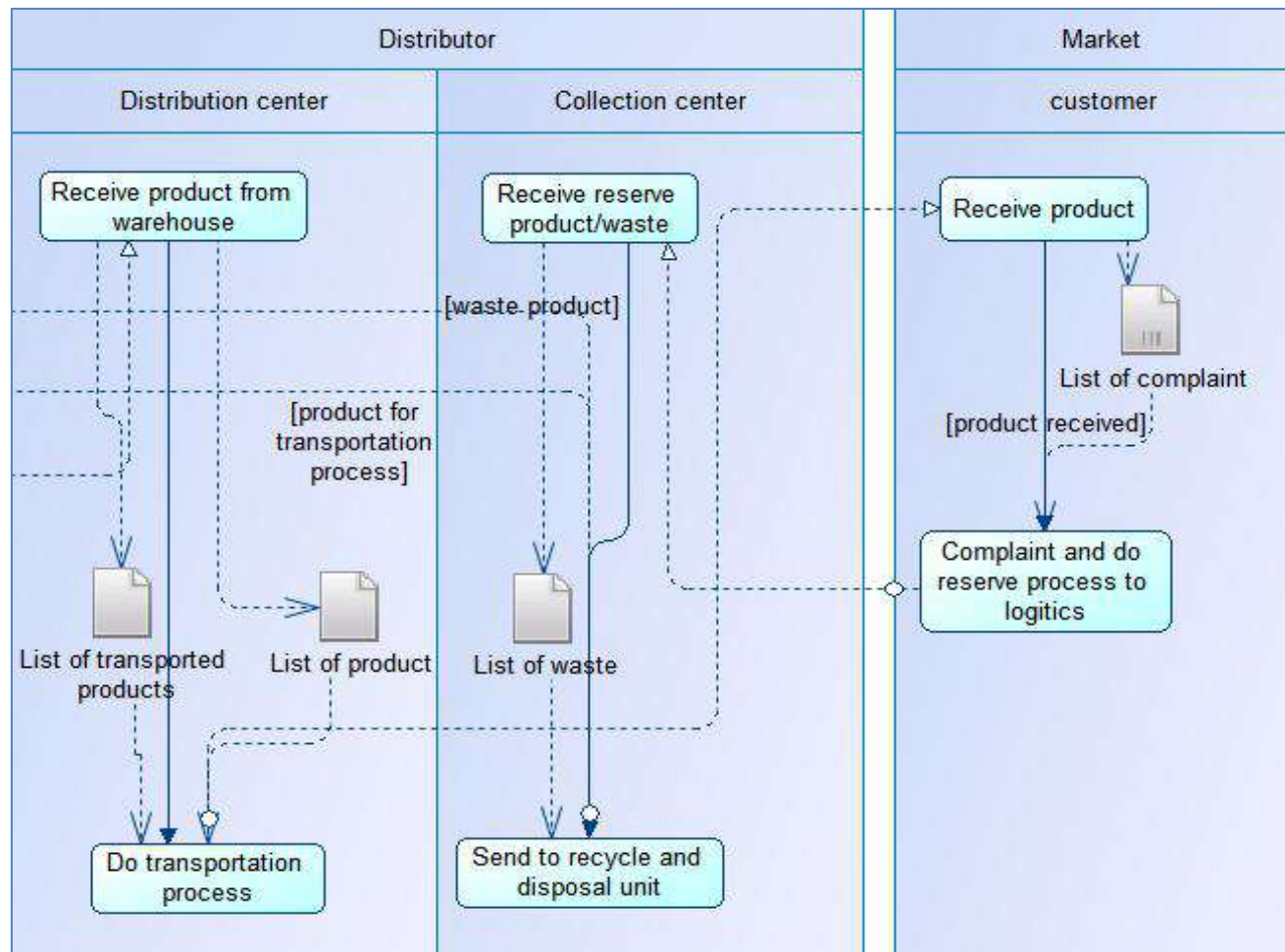
Gambar 19 *Sequence Diagram* petani dan pabrikan/manufaktur



Gambar 20 *Sequence Diagram* prosesor/manufaktur dan distributor

4.4.6 Desain Model Proses Bisnis

Desain model proses bisnis rantai pasok agroindustri herbal dengan menggunakan perangkat *Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 23a, 23b, dan 24. Gambar 23a dan 23b memperlihatkan proses bisnis secara terinci yang terjadi pada rantai pasok agroindustri herbal tahap kesatu yaitu interaksi antara pemasok (*s*) dengan pabrikan/manufaktur/agro industri herbal.



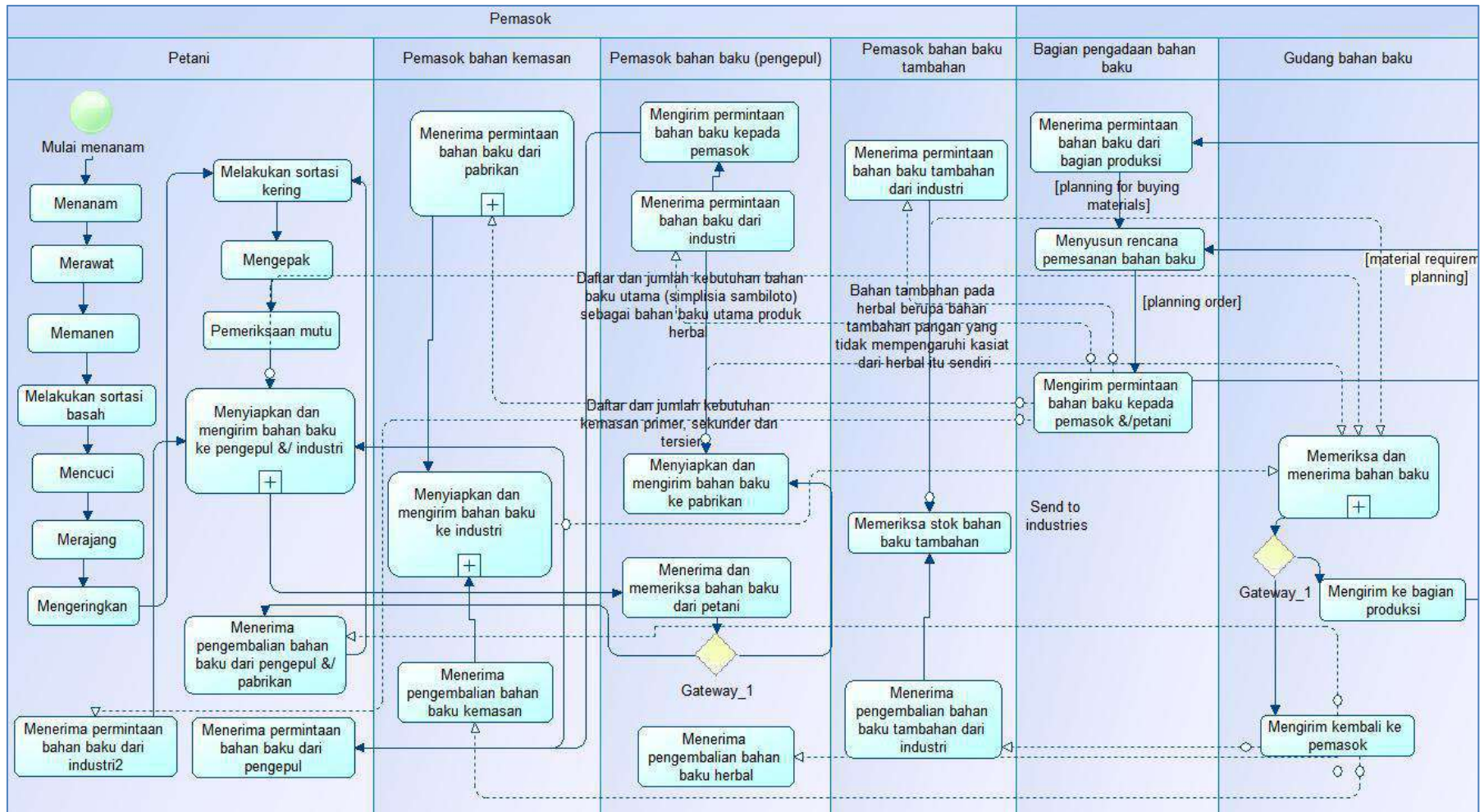
Gambar 21 *Business Process Diagram (BPD)* distributor dan konsumen



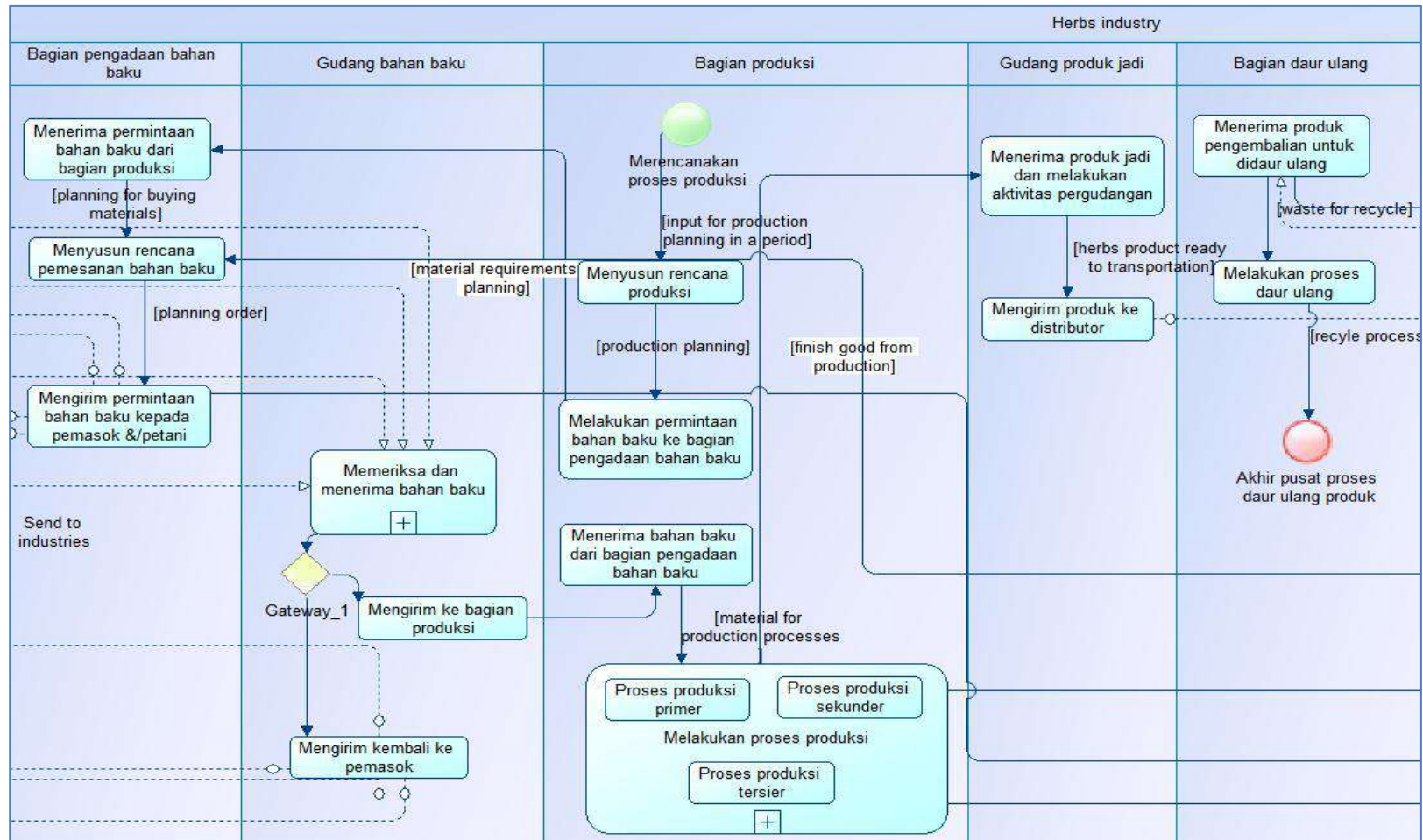
Gambar 22 *Process Hierarchy Diagram* (PHD) rantai pasok agroindustri herbal

Dimulai dari perencanaan produksi yang dilakukan oleh bagian produksi pada pabrikan dilanjutkan dengan membuat daftar jumlah permintaan bahan baku r kualitas u (x_{ru}) yang ditujukan ke bagian pengadaan/pembelian. Bagian pengadaan/pembelian menerima daftar permintaan bahan baku dari bagian produksi dilanjutkan dengan pembuatan daftar perencanaan pengadaan bahan baku yang kemudian dikirimkan ke pemasok untuk ditindaklanjuti yaitu penyiapan bahan baku meliputi kemasan produk, bahan baku utama serta bahan baku tambahan yang selanjutnya dilakukan pengiriman ke industri/pabrikan. Dalam memproduksi bahan baku pemasok menghadapi kondisi yang tidak tetap dalam menghasilkan bahan baku yang direpresentasikan dengan peluang keberhasilan proses produksi (θ) yang berdampak pada besaran ongkos produksi (c) serta ketidakpastian kestabilan eksistensi usaha (I). Sebelum melakukan pengiriman bahan baku ke industri/pabrikan, proses penyiapan bahan baku oleh pemasok dilakukan dengan melakukan pengecekan terlebih dahulu pada ketersediaan bahan baku baik yang sudah ada maupun tambahan dari pengembalian produk dari konsumen. Bahan baku yang diterima oleh pabrikan selanjutnya dilakukan pemeriksaan apabila kualitas diterima selanjutnya dikirim ke bagian produksi untuk dilakukan proses produksi sebaliknya apabila kualitas tidak sesuai pesanan maka dikembalikan ke pemasok.

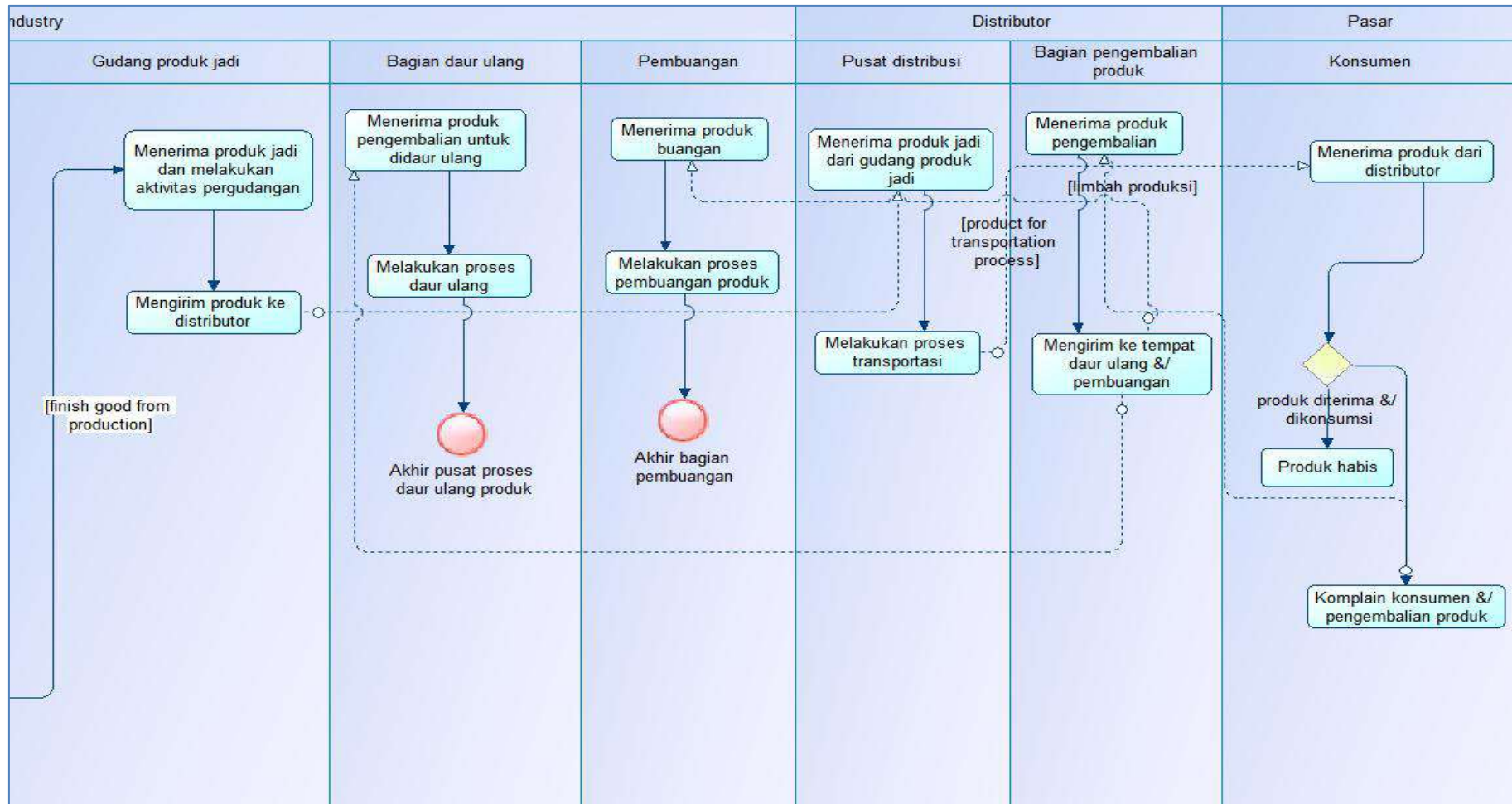
Gambar 24 memperlihatkan proses bisnis lengkap yang terjadi pada rantai pasok agroindustri herbal tahap kedua yaitu interaksi antara pihak pabrikan dengan pihak distributor. Proses bisnis dimulai dengan proses bisnis logistik maju yaitu dengan mengirimkan produk jadi (h) yang telah selesai dilakukan pemrosesan ke gudang produk jadi untuk kemudian diserahkan kepada pihak distributor untuk dilakukan pengiriman kepada konsumen. Disamping proses bisnis logistik maju pada tahap kedua rantai pasok herbal ini juga terdapat proses bisnis logistik balik yaitu di mana adanya distribusi balik dari konsumen ke pabrikan berupa pengembalian produk (y) baik dari sisa (limbah) pengolahan produk utama (I) maupun produk pengembalian yang masih bisa dilakukan daur ulang untuk dijadikan bahan baku pada proses produksi (r). Gambar 25 memperlihatkan proses bisnis secara terinci yang terjadi pada tahap ketiga rantai pasok agroindustri herbal yaitu antara distributor dengan konsumen. Distributor melakukan proses bisnis logistik maju dari gudang di pabrikan ke gudang distributor (w) dengan besaran ongkos transportasi c_{nw}^{fg} . Dari gudang distributor distribusi dilanjutkan ke konsumen (c) dengan besaran ongkos transportasi c_{nwc}^{cust} dan proses bisnis logistik balik dari konsumen (c) ke gudang pengembalian produk (r) lalu dilanjutkan ke pabrikan dengan besaran ongkos transportasi c_{ncr}^{rev} . Pada keseluruhan proses yang ada terdapat berbagai faktor ketidakpastian meliputi antara lain dalam hal preferensi pemilihan pemasok bahan baku, proses produksi, permintaan konsumen, dll. Dalam BPMN belum terlihat adanya proses bisnis yang mengakomodir ketidakpastian tersebut dan juga belum terlihat adanya proses peningkatan nilai tambah melalui optimasi pengolahan limbah sebagai bahan baku produk untuk meningkatkan efisiensi. Dengan demikian perlu dikembangkan suatu model proses bisnis untuk memperoleh kinerja rantai pasok yang optimal yang mengakomodir berbagai ketidakpastian yang dihadapi serta peningkatan efisiensi melalui optimasi penggunaan limbah dan produk *reverse* sebagai bahan baku.



Gambar 23a Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0 rantai pasok herbal tahap kesatu



Gambar 23b *Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0* rantai pasok herbal tahap kesatu (lanjutan)



Gambar 24 Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0 rantai pasok herbal tahap kedua dan ketiga

V PENGEMBANGAN MODEL

Tujuan dari strategi rantai pasok adalah untuk mencapai keseimbangan antara daya tanggap (*responsiveness*) dan efisiensi yang sesuai dengan strategi bersaing yang akan diterapkan. Untuk mencapai tujuan ini, perusahaan harus menyusun kombinasi yang tepat dari ketiga *driver* logistik yaitu fasilitas, persediaan, transportasi, dan tiga *driver* lintas fungsional yaitu informasi, sumber, harga (Chopra 2007). Model *fuzzy* stokastik rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal didesain dengan mengoptimalkan driver logistik yaitu fasilitas dan transportasi serta driver lintas fungsi yaitu informasi, sumber bahan baku, dan harga dalam menerapkan strategi bersaing perusahaan. Ketersediaan dan pengelolaan fasilitas secara optimal dapat meningkatkan pendapatan dan keuntungan bagi perusahaan didukung dengan perolehan dan pengelolaan informasi baik dalam hal perolehan bahan baku, proses produksi maupun permintaan konsumen menjadikan ongkos semakin efisien sehingga mampu meningkatkan keuntungan dan daya saing perusahaan yang pada akhirnya dapat menekan harga produk untuk dapat bersaing lebih baik lagi melalui peningkatan daya tanggap (*responsiveness*) terhadap konsumen.

Dalam melakukan pengembangan model untuk meningkatkan strategi bersaing, fasilitas sebagai *driver* logistik yang dioptimalkan terdiri dari beberapa metrik yang dioptimalkan di antaranya yaitu kapasitas, utilisasi, dan variasi produk. Disamping fasilitas *driver* logistik lainnya yang dioptimalkan adalah transportasi dengan beberapa metrik yang dioptimalkan di antaranya yaitu jumlah pengiriman dan biaya transportasi. Adapun penggerak (*drivers*) lintas fungsi yang dioptimalkan sebagai strategi bersaing perusahaan yaitu informasi (dengan metrik yang dioptimalkan antara lain: horizon peramalan, frekuensi pembaruan, frekuensi kesalahan, variansi dari rencana, rasio variabilitas permintaan terhadap variabilitas pesanan), sumber daya (dengan metrik antara lain: harga pembelian, jumlah pembelian, kualitas pasokan) dan harga (dengan metrik antara lain: harga jual, jumlah pesanan, rentang periode penjualan).

5.1 Model Proses Bisnis Rantai Pasok Balik Agroindustri Herbal

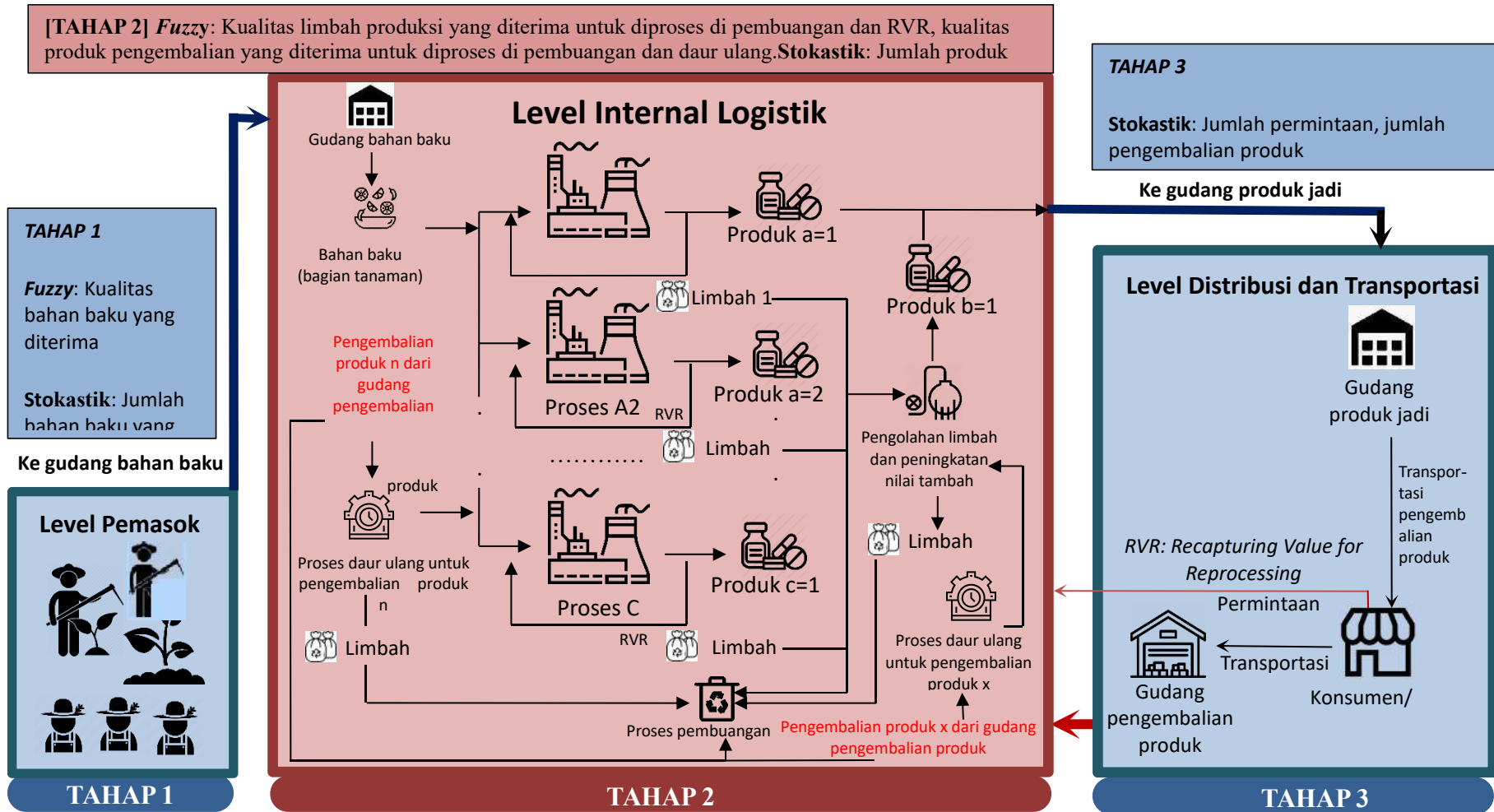
Logistik balik adalah proses perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian efektif pada aliran bahan baku, persediaan dalam proses, barang jadi, dan hal terkait informasi, dari titik konsumsi ke titik asal (Lambert *et al.* 2011). Penerapan logistik balik (*reverse*) tidak hanya pada daur ulang pengembalian produk dari konsumen akhir namun juga daur ulang yang dapat dilakukan terhadap sisa produksi (limbah) yang dihasilkan dari proses produksi. Namun demikian belum banyak perusahaan yang fokus pada pengolahan limbah sebagai bentuk penerapan logistik balik (Sea-lim *et al.* 2016).

Berdasarkan pada gambaran model proses bisnis rantai pasok herbal yang ada di mana belum terdapatnya proses bisnis yang dapat mengakomodir faktor ketidakpastian yang ada dan belum terlihat adanya peningkatan nilai tambah melalui optimasi pengolahan limbah sebagai bahan baku produk untuk meningkatkan efisiensi maka dilakukan pengembangan model proses bisnis rantai pasok balik agroindustri herbal yang mampu mengakomodir faktor ketidakpastian dan peningkatan efisiensi melalui optimasi logistik balik dengan cara mendaur ulang limbah maupun produk *reverse* sebagai bahan baku produksi. Proses bisnis

dikembangkan dengan mengoptimalkan proses produksi utama beserta turunannya (produk primer, sekunder, dan tersier). Melalui model proses bisnis rantai pasok balik agroindustri herbal permasalahan akan efisiensi dapat terpecahkan. Penggunaan produk *reverse* sebagai input bahan baku memungkinkan pelaku rantai pasok melakukan penghematan dalam pengeluaran biaya bahan baku dan mendapatkan hasil keuntungan dari penjualan produk turunan yaitu produk sekunder maupun tersier yang dihasilkan dari proses yang menggunakan sisa hasil proses produksi produk utama, produk sekunder, maupun produk *reverse* dari konsumen dan pada akhirnya dapat meningkatkan kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan konsumen yang selama ini masih belum terpenuhi.

BPMN 2.0 rantai pasok balik agroindustri herbal sebagai hasil dari pengembangan model proses bisnis rantai pasok agroindustri dapat dilihat pada Gambar 28 (a), 28 (b), 29, 30, dengan alur proses logistik balik agroindustri herbal seperti ditunjukkan pada Gambar 25, *Use case diagram* rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal seperti ditunjukkan pada Gambar 26, dan *Process Hierarchy Diagram* (PHD) rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal seperti ditunjukkan pada Gambar 27. Dari Gambar 25 Alur proses logistik balik agroindustri herbal dapat dilihat bahwa alur logistik balik meliputi alur logistik *inbound* yaitu penggunaan kembali sisa hasil pengolahan proses produksi untuk proses produksi turunan lainnya dan alur logistik *outbound* yaitu penggunaan kembali pengembalian produk (*reverse*) menjadi bahan baku pada produk turunan lainnya. Dari Gambar 26 *Use case diagram* rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal, Gambar 28 (b) *Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0* rantai pasok balik herbal tahap kesatu (lanjutan), dan Gambar 29 *Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0* rantai pasok balik herbal tahap kedua dapat dilihat adanya penambahan proses optimasi melalui peramalan dengan menggunakan metode stokastik *hybrid fuzzy* yang dilakukan dengan alat bantu perangkat mesin *fuzzy* stokastik. Dari Gambar 28 *Process Hierarchy Diagram* (PHD) rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal dan Gambar 28 (a) *Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0* rantai pasok balik agroindustri herbal tahap kesatu dapat dilihat bahwa proses produksi dilakukan tidak hanya untuk produk utama (primer) tapi juga dilakukan untuk produk turunannya (sekunder dan tersier).

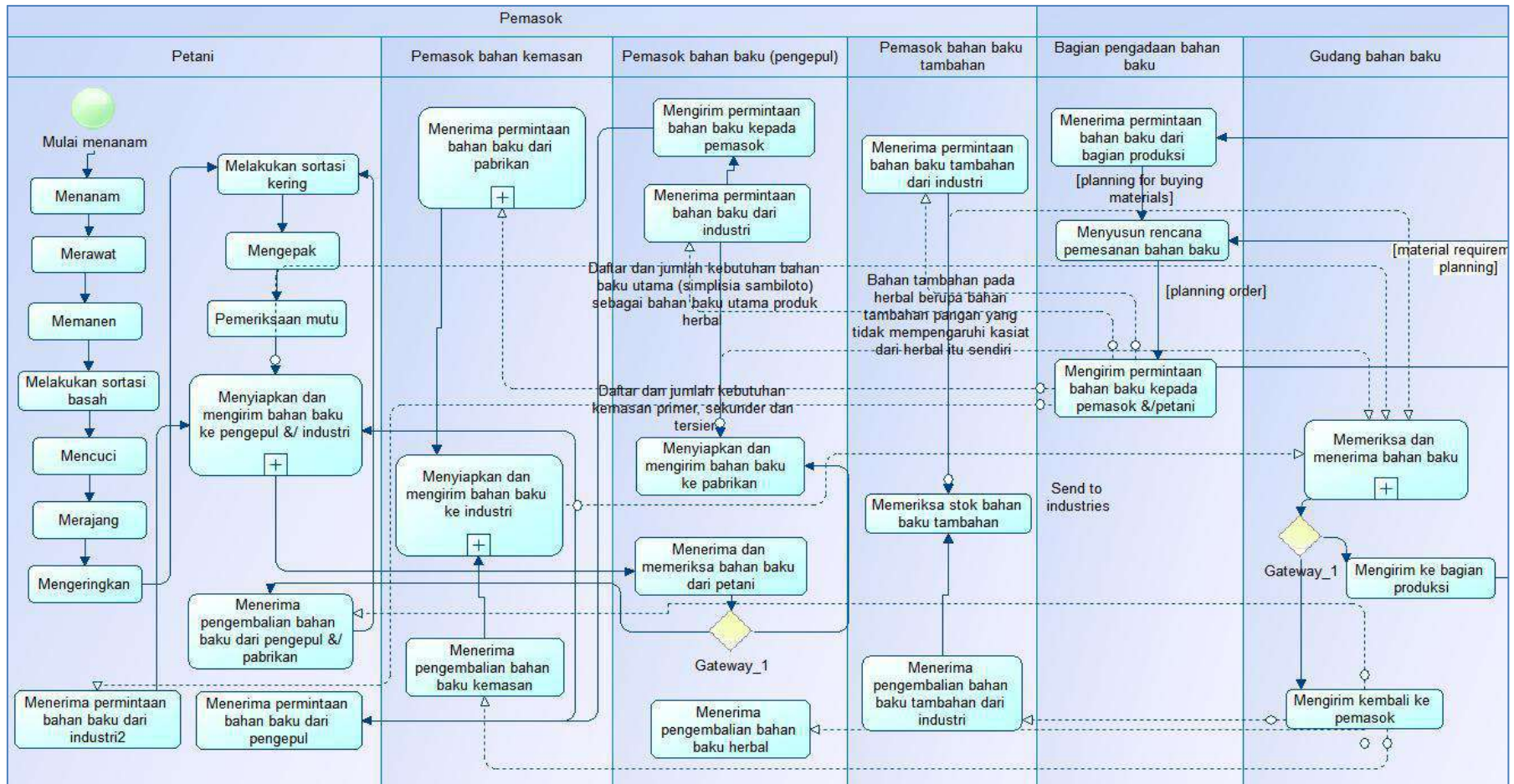
Dengan menambahkan mesin *fuzzy* sebagai alat bantu perhitungan optimasi stokastik hibrid *fuzzy* rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal dan proses produksi yang mencakup proses produksi produk utama (primer) beserta turunannya (sekunder dan tersier) diharapkan dapat meningkatkan efisiensi rantai pasok dengan tetap menjaga kualitas produk sehingga dapat meningkatkan daya saing rantai pasok melalui pemenuhan permintaan konsumen.



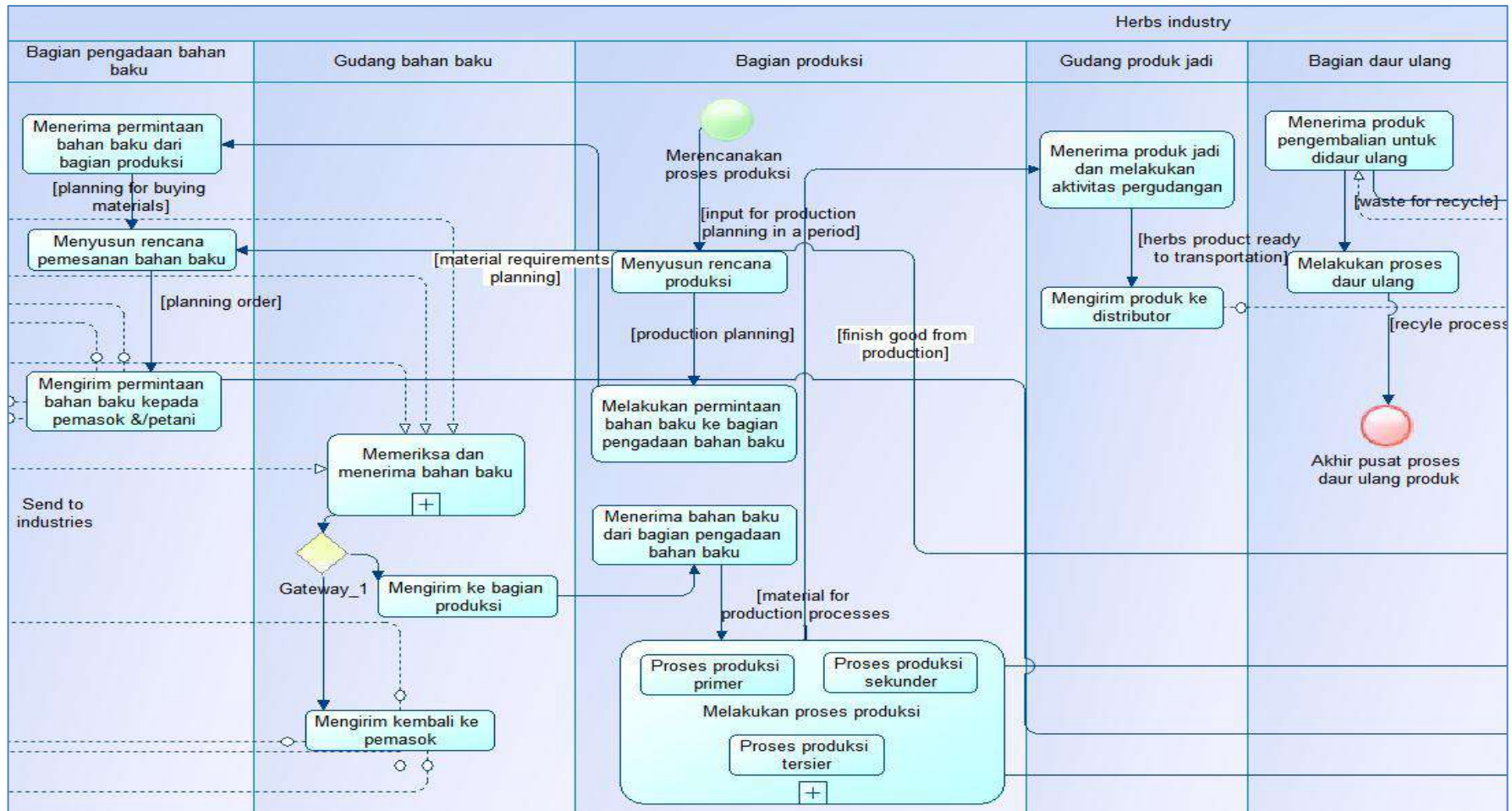
Gambar 25 Alur proses logistik balik agroindustri herbal



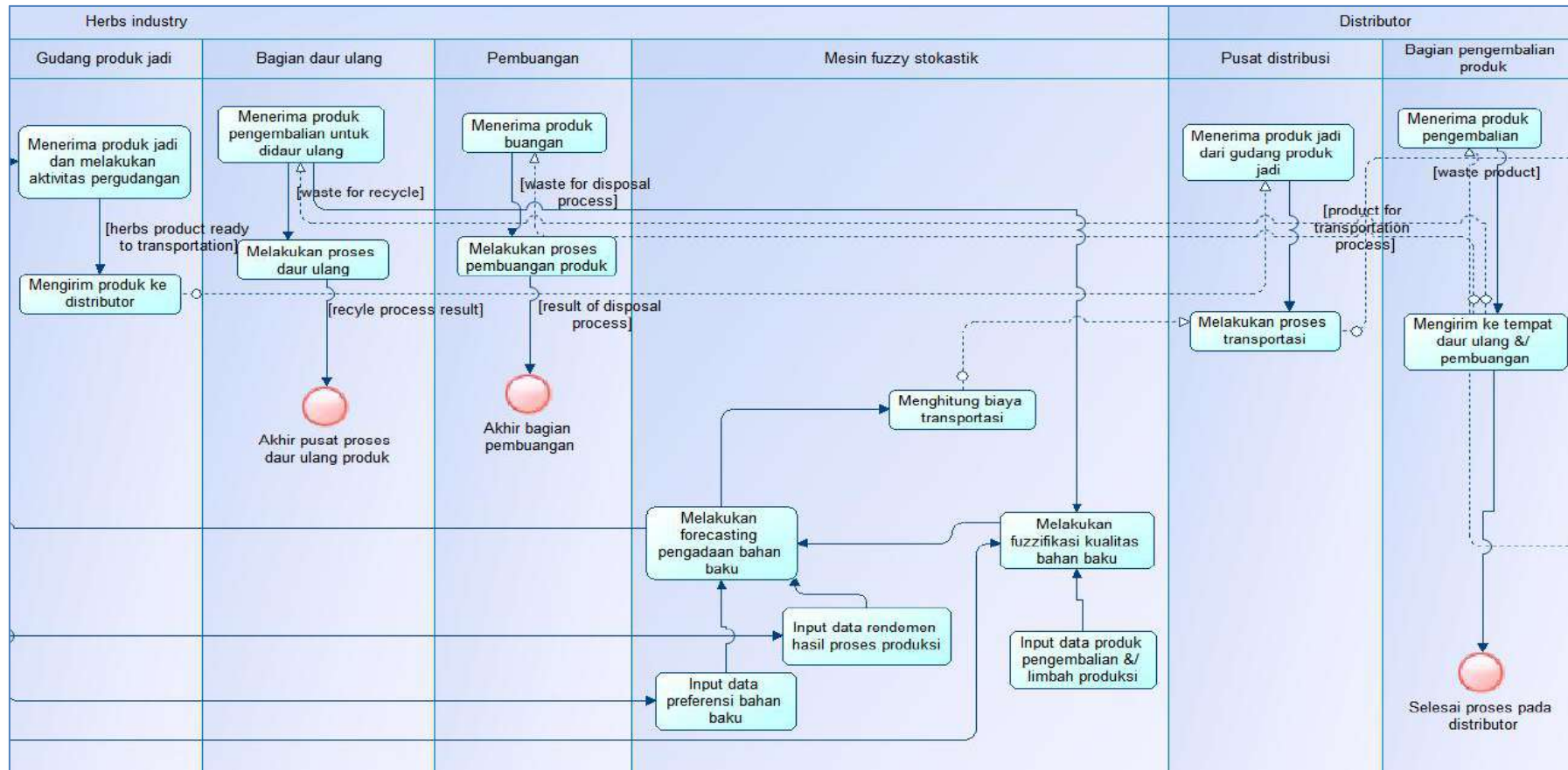
Gambar 27 *Process Hierarchy Diagram* (PHD) rantai pasok balik multistage agroindustri herbal



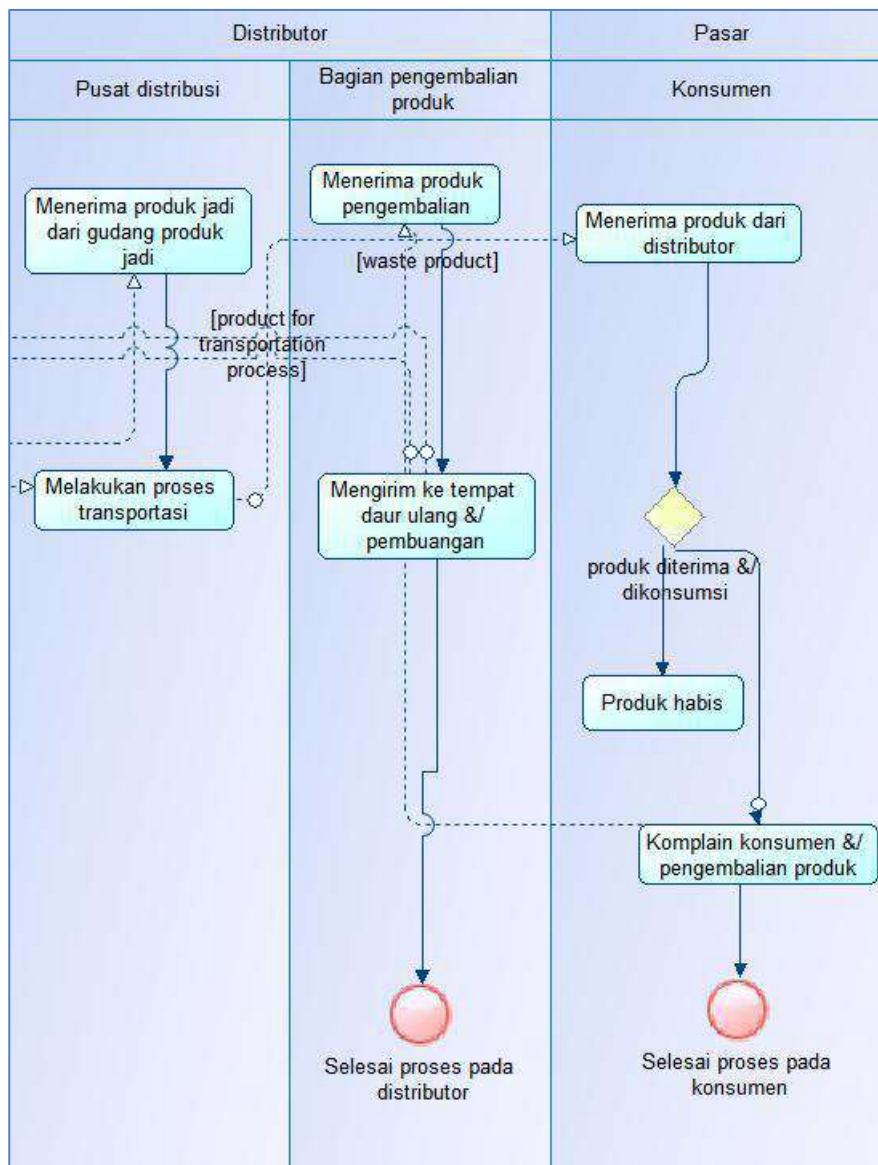
Gambar 29a Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0 rantai pasok balik agroindustri herbal tahap kesatu



Gambar 28b *Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0* rantai pasok balik herbal tahap kesatu (lanjutan)



Gambar 29 Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0 rantai pasok balik herbal tahap kedua



Gambar 30 *Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0* rantai pasok balik herbal tahap ketiga

5.2 Model Formulasi Optimasi Rantai Pasok Balik Multistap Agroindustri Herbal

Setelah menentukan gambaran model proses bisnis yang dapat meningkatkan efisiensi dan daya saing rantai pasok sebagaimana telah diuraikan pada subbab sebelumnya maka berikutnya adalah melakukan pemodelan formulasi optimasi rantai pasok balik multistap agroindustri herbal. Model formulasi optimasi rantai pasok balik multistap agroindustri herbal yang didesain adalah model formulasi optimasi dengan mempertimbangkan berbagai aspek ketidakpastian yang terjadi di dalam rantai pasok agroindustri herbal. Dengan melakukan pemodelan formulasi optimasi rantai pasok balik multistap agroindustri herbal yang memfasilitasi berbagai faktor ketidakpastian yang terjadi di dalam rantai pasok agroindustri herbal diharapkan dapat diperoleh model formulasi optimasi yang andal sehingga dapat merespon secara positif terhadap berbagai ketidakpastian yang terjadi baik yang bersifat stokastik, *fuzzy*, maupun tren dinamika bisnis dari waktu ke waktu yang dengan demikian maka model ini diberi nama model stokastik *hybrid fuzzy* multistap rantai pasok balik agroindustri herbal. Melalui respon positif tersebut diharapkan dapat menghasilkan produk yang lebih stabil terhadap pemenuhan kepuasan pemangku kepentingan meliputi konsumen, badan/instansi terkait seperti Gabungan Pengusaha (GP) Jamu, Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM), Dinas Perindustrian dan Perdagangan, yang menuntut akan ketersediaan produk yang memuaskan baik secara kuantitas maupun kualitas dan secara tidak langsung pun melalui meningkatnya kepuasan pemangku kepentingan akan memberikan dampak positif berupa peningkatan keuntungan bagi pelaku rantai pasok herbal baik pemasok, pabrik, maupun distributor.

Berikut ini adalah tahapan dalam melakukan desain model stokastik *hybrid fuzzy* multistap rantai pasok balik agroindustri herbal.

5.2.1 Identifikasi Tantangan Model

Tantangan model formulasi optimasi rantai pasok balik multistap agroindustri herbal adalah pada keandalan dalam menghadapi berbagai ketidakpastian yang terjadi pada rantai pasok herbal agroindustri herbal. Ketidakpastian rantai pasok herbal telah menyebabkan kerugian baik dari segi pemenuhan permintaan konsumen secara kuantitatif maupun kualitatif maupun pada akhirnya akan berdampak pada penurunan daya saing dan pendapatan usaha pelaku rantai pasok herbal. Ketidakpastian yang terjadi dalam rantai pasok balik multistap agroindustri herbal meliputi ketidakpastian stokastik, *fuzzy*, maupun dinamika bisnis seiring dengan berjalannya waktu/periode operasi. Ketidakpastian dalam tahapan yang ada dalam rantai pasok balik multistap agroindustri herbal dapat dilihat pada Gambar 25.

Dari Gambar 25 dapat diketahui ketidakpastian yang ada di tahap pertama di antaranya adalah ketidakpastian stokastik yaitu besaran jumlah bahan baku yang diperoleh dari pemasok. Jumlah bahan baku bersifat tidak pasti bergantung pada faktor lingkungan bisnis meliputi kesiapan pemasok dalam menyediakan bahan baku, kondisi iklim/cuaca dalam menghasilkan panen bahan baku, daya beli pasar serta kemampuan produksi agroindustri herbal. Ketidakpastian lainnya yang terdapat pada rantai pasok balik agroindustri herbal tahap pertama ini adalah ketidakpastian *fuzzy* yaitu berupa kualitas bahan baku yang diperoleh dari pemasok. Perolehan kualitas bahan

baku dari pemasok bersifat tidak menetap, hal tersebut dikarenakan adanya pengaruh faktor kemampuan daya beli bahan baku pabrikan yang menuntut adanya peningkatan efisiensi serta ketersediaan kualitas bahan baku yang diperoleh dari proses *reverse* dari konsumen.

Pada tahap kedua rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal, ketidakpastian yang terjadi meliputi ketidakpastian stokastik yaitu jumlah produk yang dihasilkan oleh agroindustri herbal. Ketidakpastian jumlah produk terjadi akibat dipengaruhi oleh adanya ketidakpastian dalam kualitas proses produksi serta karakteristik bahan baku. Ketidakpastian lainnya yang terdapat pada rantai pasok balik agroindustri herbal tahap kedua ini adalah ketidakpastian *fuzzy* yaitu berupa kualitas bahan baku yang diperoleh dari sisa produksi maupun dari produk pengembalian dari konsumen. Ketidakpastian kualitas bahan baku ini terjadi karena pengaruh cuaca, distribusi, maupun kualitas hasil produksi.

Pada tahap ketiga rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal, ketidakpastian yang terjadi meliputi ketidakpastian stokastik yaitu jumlah permintaan produk herbal serta jumlah pengembalian produk herbal. Ketidakpastian jumlah permintaan produk herbal terjadi dikarenakan pengaruh daya beli pasar, ketersediaan produk pengganti, dan daya saing produk herbal di pasaran. Sedangkan ketidakpastian jumlah pengembalian produk herbal dipengaruhi oleh standar kualitas pemakaian konsumen terhadap produk herbal.

5.2.2 Identifikasi Ketidakpastian Stokastik

Dari uraian sebelumnya tentang tantangan model dalam hal responsivitas terhadap ketidakpastian rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal dapat diketahui bahwa tantangan ketidakpastian stokastik yang terjadi pada rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal adalah dalam hal jumlah pasokan bahan baku, jumlah permintaan dan penawaran/produksi produk jadi, serta jumlah pengembalian produk. Ketidakpastian stokastik yang terjadi pada rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ini memiliki sifat fungsi *recursive* seiring dengan sifat multistahap pada rantai pasok agroindustri herbal di mana keputusan yang ada pada tahap pertama rantai pasok akan mempengaruhi keputusan pada tahap kedua rantai pasok dan selanjutnya keputusan pada tahap kedua rantai pasok akan mempengaruhi keputusan pada tahap ketiga rantai pasok. Dengan kata lain yaitu, ketidakpastian stokastik dalam hal pengembalian jumlah produk dari konsumen kepada pabrikan tergantung pada ketidakpastian stokastik besaran jumlah permintaan produk yang bergantung pada ketidakpastian stokastik besaran ketersediaan/jumlah penawaran yang bergantung pada ketersediaan stokastik besaran/jumlah ketersediaan bahan baku yang dipasok ke pabrikan. Ketidakpastian stokastik tersebut dinyatakan dalam bentuk faktor/nilai probabilitas.

Nilai probabilitas meliputi probabilitas ketidakpastian/perpindahan perolehan bahan baku dari pemasok, probabilitas rendemen/produk jadi, probabilitas distribusi, serta probabilitas pengembalian produk. Nilai probabilitas ketidakpastian/perpindahan perolehan baku dari pemasok meliputi nilai probabilitas ketidakpastian/perpindahan perolehan bahan baku dari sejumlah ($S=4$) tipe pemasok yaitu kelompok petani (*peasant*), petani perorangan (*farmer*), pengumpul (*collector*), dan kebun internal perusahaan (*own*). Bahan baku yang diperoleh dari pemasok terdiri dari sejumlah tipe

bahan baku (R) dan sejumlah (U) tipe kualitas bahan baku. Nilai probabilitas jumlah produksi (pasokan/penawaran produk jadi) diperoleh dari nilai perbandingan jumlah/hasil rendemen dengan jumlah bahan baku yang digunakan di masing-masing proses yang meliputi 3 proses produksi yaitu proses produksi utama, proses produksi sekunder, dan proses produksi tersier. Nilai probabilitas distribusi/permintaan produk herbal diperoleh dari hasil perbandingan antara produk yang dibeli/dipesan konsumen dengan jumlah produk jadi yang diproduksi. Nilai probabilitas pengembalian produk herbal diperoleh dari hasil perbandingan antara produk yang dikembalikan oleh konsumen dengan jumlah produk jadi yang dibeli/dipesan konsumen.

5.2.3 Identifikasi Ketidakpastian *Fuzzy*

Dari uraian sebelumnya tentang tantangan model dalam hal responsivitas terhadap ketidakpastian rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal dapat diketahui bahwa tantangan ketidakpastian stokastik yang terjadi pada rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal adalah dalam hal ketidakpastian kualitas bahan baku baik yang diperoleh dari pemasok maupun dari pengembalian produk dari konsumen. Kualitas bahan baku yang diperoleh dari pengembalian produk oleh konsumen akan berpengaruh terhadap perolehan kualitas bahan baku dari pemasok. Keterkaitan dua sumber bahan baku tersebut digambarkan dalam sebuah fungsi keanggotaan *fuzzy* dalam metode *Fuzzy Inference System (FIS)*.

Fuzzy inference system (FIS) merupakan proses pemetaan sejumlah input menjadi output dengan menggunakan metode logika *fuzzy*, dan hasil pemetaan menjadi dasar pengambilan keputusan (Amindoust *et al.* 2012). Sistem *fuzzy* merupakan penduga numerik yang terstruktur dan dinamik. Sistem ini mempunyai kemampuan untuk mengembangkan sistem intelijen dalam lingkungan yang tidak pasti, dan tidak tepat. Logika *fuzzy* sering menggunakan informasi linguistik dan verbal. Beberapa proses dalam logika *fuzzy*, yaitu penentuan gugus *fuzzy*, penerapan aturan *if-then*, serta proses inferensi *fuzzy* (Marimin *et al.* 2013). Inti gugus *fuzzy* adalah fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan menunjukkan fungsi penciri himpunan *fuzzy* yang mendefinisikan suatu gugus *fuzzy*. Fungsi keanggotaan gugus *fuzzy* dapat berupa sembarang bentuk seperti yang ditetapkan oleh pakar yang relevan. Fungsi keanggotaan pada penelitian ini menggunakan *triangular fuzzy number*.

5.2.4 Identifikasi Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan pada model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal terdiri dari tiga tahapan yang dioperasikan dengan fungsi *recursive*. Pada tahap pertama fungsi tujuan berupa minimasi ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku ($Min. C^{supplier}$). Ongkos perolehan bahan baku dari pemasok merupakan akumulasi hasil perkalian antara jumlah bahan baku r kualitas u yang diperoleh dari pemasok s (x_{rus}) dikali dengan masing-masing ongkos ketidakpastian / perubahan bahan baku (c_{rus}) dikali dengan masing-masing probabilitas ketidakpastian / perpindahan bahan baku (p_{rus}) di mana masing-masing nilai probabilitas dan ongkos dirumuskan dalam bentuk matriks. Dengan demikian dapat dirumuskan model formulasi fungsi tujuan rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap pertama yaitu:

$$\text{Min. } C^{\text{supplier}} = \sum_{r=1}^R \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S (x_{rus} \cdot c_{rus} \cdot p_{rus})$$

Minimasi ongkos bahan baku diperoleh dengan cara mengatur kombinasi jumlah bahan baku r kualitas u dari pemasok s , sehingga menghasilkan ongkos minimum. Nilai optimal kombinasi jumlah bahan baku dari masing-masing pemasok didapatkan dari hasil implementasi model pemrograman algoritma optimasi stokastik rantai pasok multistage agroindustri herbal dengan batasan pertama yaitu jumlah bahan baku r kualitas u dari pemasok s bernilai lebih besar sama dengan 0 ($x_{rus} \geq 0$). Batasan kedua adalah jumlah keseluruhan bahan baku r kualitas u dari pemasok s berjumlah sama dengan jumlah bahan baku yang dibutuhkan pada proses produksi untuk memenuhi sejumlah permintaan konsumen akan produk herbal (Q'), yaitu akumulasi jumlah bahan baku yang dibutuhkan dari pemasok untuk sejumlah (A) tipe produk primer (x_a^{prim}), jumlah bahan baku yang dibutuhkan dari pemasok untuk sejumlah (B) tipe produk sekunder (x_b^{sec}), dan jumlah bahan baku yang dibutuhkan dari pemasok untuk sejumlah (C) tipe produk tersier (x_c^{ter}), dalam proses produksi ($\sum x_{rus} \geq Q'$). Batasan ketiga adalah jumlah nilai kualitas perolehan keseluruhan bahan baku dari pemasok berjumlah lebih besar sama dengan nilai minimum standar kualitas produksi ($\sum_{r=1}^R \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S (\widetilde{q}_{rus}) \geq \widetilde{Q}$). Nilai \widetilde{Q} bersifat *fuzzy* yaitu dipengaruhi oleh kuantitas dan kualitas bahan baku yang diperoleh dari limbah maupun pengembalian produk herbal dari konsumen. Batasan keempat yaitu jumlah keseluruhan masing-masing bahan baku r yang dibeli/diperoleh dari pemasok ($\sum x_{1us}, \sum x_{2us}, \dots, \sum x_{Rus}$) berjumlah sama dengan keseluruhan masing-masing bahan baku r yang diproses pada tahap dua (R^1, R^2, \dots, R^R) dikurangi dengan jumlah bahan baku yang berasal dari limbah/pengembalian produk yang digunakan pada proses produksi di tahap dua (y^1, y^2, \dots, y^R), sehingga dapat diformulasikan dengan : $\sum x_{1us} = R^1 - y^1, \sum x_{2us} = R^2 - y^2, \dots, \sum x_{Rus} = R^R - y^R$. Keseluruhan jumlah bahan baku total yang dibutuhkan pada proses produksi di tahap dua berjumlah sama dengan akumulasi dari kebutuhan bahan baku yang dibutuhkan dari setiap proses produksi baik proses produksi produk primer ($x_a^A = x_a^{\text{prim}} + y_a^{\text{prim}}$), sekunder ($x_b^B = x_b^{\text{sec}} + y_b^{\text{sec}}$), maupun tersier ($x_c^C = x_c^{\text{ter}} + y_c^{\text{ter}}$), di mana kebutuhan bahan baku yang dibutuhkan dari setiap proses produksi baik proses produksi produk primer, sekunder, maupun tersier ditentukan dari jumlah produk yang akan dikirim/didistribusikan berdasarkan permintaan konsumen meliputi sejumlah (A) tipe produk herbal primer ($h_a^A = x_a^A \cdot \lambda_a^A$), sejumlah (B) tipe produk herbal primer ($h_b^B = x_b^B \cdot \lambda_b^B$), sejumlah (C) tipe produk herbal primer ($h_c^C = x_c^C \cdot \lambda_c^C$).

Pada tahap kedua model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistage rantai pasok balik agroindustri herbal ditentukan fungsi *recursive* mundur (tahap dua ke tahap satu) sebagai input pada fungsi tujuan tahap satu yaitu besaran keseluruhan ongkos ketidakpastian/perubahan proses produksi (c) yang diperoleh dari hasil perkalian masing-masing ongkos ketidakpastian/perubahan setiap proses produksi baik primer (c_a^{prim}), sekunder (c_b^{sec}), maupun tersier (c_c^{ter}) dengan jumlah bahan baku yang diolah ($x_a^{\text{prim}}, x_b^{\text{sec}}, x_c^{\text{ter}}$), di mana

jumlah bahan baku yang diolah akan terurai menjadi bahan baku yang menjadi produk herbal (h_a^A, h_b^B, h_c^C) dan bahan baku yang menjadi sisa proses produksi/limbah (l_a^A, l_b^B, l_c^C). Asumsi yang digunakan pada tahap dua rantai pasok balik agroindustri herbal ini yang pertama yaitu pabrikan sanggup memproduksi produk herbal sejumlah permintaan konsumen akan produk herbal dan asumsi kedua tidak ada kelebihan jumlah bahan baku produk herbal/persediaan bahan baku. Disamping ditentukan oleh banyaknya/jumlah produk herbal yang akan didistribusikan, kebutuhan bahan baku produk herbal dari pemasok juga ditentukan dari jumlah bahan baku proses produksi yang bersumber dari sisa pengolahan proses produksi yang berupa limbah maupun bahan baku dari pengembalian produk dari konsumen ($y_a^{prim}/y_b^{sec}/y_c^{ter}$). Berdasarkan pada fungsi *recursive* mundur (nilai keluaran pada tahap ketiga menjadi dasar penentuan nilai masukan pada tahap kedua) yaitu besaran nilai total jumlah permintaan produk herbal oleh konsumen (h_a^A, h_b^B, h_c^C) dijadikan dasar untuk menentukan jumlah keseluruhan bahan baku dari pemasok yang diperlukan di setiap proses produksi pada tahap dua ($x_{rusa}^{prim}, x_{rusb}^{sec}, x_{rusc}^{ter}$), di mana ($x_{rusa}^{prim} + y_a^{prim} = h_a^{prim} + l_a^{prim} + s_a^{prim} = x_a^A$); ($x_{rusb}^{sec} + y_b^{sec} = h_b^{sec} + l_b^{sec} + s_b^{sec} = x_b^B$); ($x_{rusc}^{ter} + y_c^{ter} = h_c^{ter} + l_c^{ter} + s_c^{ter} = x_c^C$). x_a^A adalah keseluruhan bahan baku untuk produk primer yang terdiri dari sejumlah (R) tipe bahan baku dengan sejumlah (U) tipe kualitas bahan baku dari sejumlah (S) tipe masing-masing jenis pemasok (x_{rusa}^{prim}) ditambah sejumlah bahan baku yang berasal dari sisa proses produksi/limbah/ pengembalian produk dari konsumen untuk sejumlah (A) tipe proses produksi produk primer (y_a^{prim}) ditambah sejumlah bahan baku yang mengalami penyusutan untuk sejumlah (A) tipe proses produksi produk primer (s_a^{prim}). x_b^B adalah keseluruhan bahan baku untuk produk sekunder yang terdiri dari sejumlah (R) tipe bahan baku dengan sejumlah (U) tipe kualitas bahan baku dari sejumlah (S) tipe masing-masing jenis pemasok untuk sejumlah (B) tipe proses produksi sekunder (x_{rusb}^{sec}) ditambah sejumlah bahan baku yang berasal dari sisa proses produksi/limbah/pengembalian produk dari konsumen untuk sejumlah (B) tipe proses produksi sekunder (y_b^{sec}) ditambah sejumlah bahan baku yang mengalami penyusutan untuk sejumlah (B) tipe proses produksi produk sekunder (s_b^{sec}). x_c^C adalah keseluruhan bahan baku untuk produk tersier yang terdiri dari sejumlah (R) tipe bahan baku dengan sejumlah (U) tipe kualitas bahan baku dari sejumlah (S) tipe masing-masing jenis pemasok untuk sejumlah (C) tipe proses produksi tersier (x_{rusc}^{ter}) ditambah sejumlah bahan baku yang berasal dari sisa proses produksi/limbah/pengembalian produk dari konsumen untuk sejumlah (C) tipe proses produksi sekunder (y_c^{ter}) ditambah sejumlah bahan baku yang mengalami penyusutan untuk sejumlah (C) tipe proses produksi produk sekunder (s_c^{ter}).

Pada tahap ketiga model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistage rantai pasok balik agroindustri herbal ditentukan fungsi *recursive* mundur (tahap tiga ke tahap dua) sebagai input pada fungsi *recursive* tahap dua yaitu besaran ongkos distribusi/*transportation* (c^{trans}) yang meliputi total ongkos distribusi/*transportation* dari pabrik ke gudang produk jadi/ *finished goods* (c^{fg}), total ongkos distribusi/*transportation* dari gudang produk jadi ke

konsumen/customer (c^{cust}), dan total ongkos distribusi/transportation dari konsumen ke pabrik/pengembalian produk herbal/reverse (c^{rev}). Total ongkos distribusi/transportation dari pabrik ke gudang produk jadi/finished goods (c^{fg}) merupakan akumulasi dari perkalian masing-masing ongkos/unit transportasi produk herbal n ke gudang produk jadi w (c_{nw}^{fg}) dikalikan jumlah unit produk herbal tipe n yang ditransportasikan dari pabrik ke gudang produk jadi herbal w (x_{nw}^{fg}). Total ongkos distribusi/transportation dari gudang produk jadi/finished goods ke konsumen (c^{cust}) merupakan akumulasi dari perkalian masing-masing ongkos/unit transportasi produk herbal n dari gudang produk jadi w ke konsumen c (c_{nc}^{cust}) dikalikan jumlah unit produk herbal n yang ditransportasikan dari gudang produk jadi herbal w ke konsumen c (x_{nc}^{cust}). Total ongkos distribusi/transportation dari konsumen ke gudang produk pengembalian/reverse r (c^{rev}) merupakan akumulasi dari perkalian masing-masing ongkos/unit transportasi pengembalian produk herbal n dari konsumen c ke gudang produk pengembalian/reverse r (c_{nr}^{rev}) dikalikan jumlah unit pengembalian produk herbal n yang ditransportasikan dari konsumen c ke gudang produk pengembalian/reverse r (x_{nr}^{rev}), dengan asumsi ongkos/unit transportasi pengembalian produk herbal n dari konsumen c ke gudang produk pengembalian/reverse r sudah termasuk juga didalamnya ongkos ke pabrik/industri.

5.2.5 Desain Model Formulasi

Setelah diketahui identifikasi faktor ketidakpastian yang terjadi pada rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal beserta fungsi tujuan yang ingin dicapai, selanjutnya adalah melakukan desain model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal. Berikut ini adalah desain awal model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal yang terdiri dari 3 (tiga) tahapan.

A) Tahap 1

Pada tahap 1 ditentukan variabel jumlah optimal bahan baku yang dibeli/diperoleh dari setiap tipe pemasok dengan fungsi tujuan minimasi ongkos ($Min. C^{supplier}$) yaitu akumulasi ongkos total bahan baku (c) yang diperoleh dari pemasok tipe 1 (kelompok petani/peasant), 2 (petani perorangan/farmer), 3 (pengumpul/collector), dan 4 (internal kebun perusahaan/owner) dengan masing-masing probabilitas ketidakpastian/perubahan pemilihan pemasok sebesar nilai p .

(1) Fungsi Tujuan :

$$Min. C^{supplier} = \sum_{r=1}^R \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S (x_{rus} \cdot c_{rus} \cdot p_{rus})$$

(2) Batasan :

$$\triangleright x_{rus} \geq 0$$

$$\begin{aligned}
&\triangleright \left(\sum_{r=1}^R \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S x_{rus} \right) = Q' \\
&\triangleright \sum_{r=1}^R \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S (\widetilde{q}_{rus}) \geq \widetilde{Q}'' \\
&\triangleright \sum_u^U \sum_s^S x_{1us} = R^1 - y^1 \\
&\dots \\
&\triangleright \sum_u^U \sum_s^S x_{Rus} = R^R - y^R
\end{aligned}$$

(3) Indeks, parameter, dan variabel

Indeks, variabel, dan parameter model formulasi optimasi rantai pasok balik tahap pertama agroindustri herbal dapat dilihat pada Tabel 15, 16, dan 17.

Tabel 15 Indeks model formulasi optimasi tahap 1 (satu)

Indeks	Deskripsi
r	Indeks bahan baku $r = 1, 2, \dots, R$
u	Indeks jenis kualitas bahan baku $u = 1, 2, \dots, U$
s	Indeks pemasok $s = 1, 2, \dots, S$

Tabel 16 Variabel model formulasi optimasi tahap 1 (satu)

Variabel	Deskripsi
x_{rus}	Jumlah bahan baku r , kualitas u , yang diterima dari pemasok s

Tabel 17 Parameter model formulasi optimasi tahap 1 (satu)

Parameter	Deskripsi
p_{rus}	Probabilitas ketidakpastian/perpindahan bahan baku r , kualitas u , yang diterima dari pemasok s ke pemasok lain
c_{rus}	Probabilitas ketidakpastian/perpindahan ongkos bahan baku r , kualitas u , yang diterima dari pemasok s ke pemasok lain
\widetilde{q}_{rus}	Nilai kualitas bahan baku r , kualitas u , yang diterima dari pemasok s
Q'	Jumlah bahan baku dari pemasok yang dibutuhkan pada proses produksi
\widetilde{Q}''	Standar nilai kualitas keseluruhan bahan baku dari pemasok yang akan diproses
R^r	Jumlah bahan baku r yang dibutuhkan pada proses produksi

B) Tahap 2

(1) Fungsi *recursive* untuk fungsi tujuan tahap satu :

$$\triangleright c^{prod} = c^{prim} + c^{sec} + c^{ter}$$

$$\triangleright Q' = \sum_{a=1}^A x_a^{prim} + \sum_{b=1}^B x_b^{sec} + \sum_{c=1}^C x_c^{ter}$$

✓ Produk primer :

$$\begin{aligned} \triangleright c^{prim} &= \sum_{a=1}^A c_a^{prim} \cdot x_a^A \\ &= \sum_{a=1}^A c_a^{prim} (h_a^{prim} + l_a^{prim} + s_a^{prim}) \end{aligned}$$

$$\triangleright h^{prim} = \sum_{a=1}^A h_a^{prim} = \sum_{a=1}^A x_a^A \cdot \sum_{a=1}^A \lambda_a^{prim}$$

$$\triangleright \sum_{a=1}^A x_a^A = \sum_{a=1}^A (h_a^{prim} + l_a^{prim} + s_a^{prim})$$

$$\triangleright \sum_{a=1}^A x_a^A = \sum_{a=1}^A x_a^{prim} + \sum_{a=1}^A y_a^{prim} + \sum_{a=1}^A s_a^{prim}$$

$$\triangleright \sum_{a=1}^A x_a^{prim} = \sum_{r=1}^R \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S \sum_{a=1}^A x_{rusa}^{prim}$$

✓ Produk sekunder :

$$\triangleright c^{sec} = \sum_{b=1}^B c_b^{sec} \cdot x_b^B = \sum_{b=1}^B c_b^{sec} (h_b^{sec} + l_b^{sec} + s_b^{ter})$$

$$\triangleright h^{sec} = \sum_{b=1}^B h_b^{sec} = \sum_{b=1}^B x_b^B \cdot \sum_{b=1}^B \lambda_b^{sec}$$

$$\triangleright \sum_{b=1}^B x_b^B = \sum_{b=1}^B (h_b^{sec} + l_b^{sec} + s_b^{ter})$$

$$\triangleright \sum_{b=1}^B x_b^B = \sum_{b=1}^B x_b^{sec} + \sum_{b=1}^B y_b^{sec} + \sum_{b=1}^B s_b^{ter}$$

$$\triangleright \sum_{b=1}^B x_b^{sec} = \sum_{r=1}^R \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S \sum_{b=1}^B x_{rusb}^{sec}$$

✓ Produk tersier :

$$\begin{aligned} \triangleright c^{ter} &= \sum_{c=1}^C c_c^{ter} \cdot x_c^C \\ &= \sum_{c=1}^C c_c^{ter} (h_c^{ter} + l_c^{ter} + s_c^{ter}) \end{aligned}$$

$$\triangleright h^{ter} = \sum_{c=1}^C h_c^{ter} = \sum_{c=1}^C x_c^C \cdot \sum_{c=1}^C \lambda_c^{ter}$$

$$\triangleright \sum_{c=1}^C x_c^C = \sum_{c=1}^C (h_c^{ter} + l_c^{ter} + s_c^{ter})$$

$$\triangleright \sum_{c=1}^C x_c^C = \sum_{c=1}^C x_c^{ter} + \sum_{c=1}^C y_c^{ter} + \sum_{c=1}^C s_c^{ter}$$

$$\triangleright \sum_{c=1}^C x_c^{ter} = \sum_{r=1}^R \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S \sum_{c=1}^C x_{rusc}^{ter}$$

(2) Indeks, parameter, dan variabel

Variabel, Indeks, dan parameter model formulasi optimasi rantai pasok balik tahap dua agroindustri herbal dapat dilihat pada Tabel 18, 19, dan 20.

Tabel 18 Variabel fungsi optimasi tahap 2 (dua)

Variabel	Deskripsi
x_a^{prim}	Jumlah keseluruhan bahan baku dari pemasok yang masuk ke proses produksi primer
x_b^{sec}	Jumlah bahan baku dari pemasok yang masuk ke proses produksi sekunder
x_c^{ter}	Jumlah keseluruhan bahan baku dari pemasok yang masuk ke proses produksi tersier
x_a^A	Jumlah keseluruhan bahan baku baik dari pemasok maupun limbah/pengembalian produk dari konsumen yang masuk ke proses produksi primer a
x_b^B	Jumlah keseluruhan bahan baku baik dari pemasok maupun limbah/pengembalian produk dari konsumen yang masuk ke proses produksi sekunder b
x_c^C	Jumlah keseluruhan bahan baku baik dari pemasok maupun limbah/pengembalian produk dari konsumen yang masuk ke proses produksi tersier c

Tabel 19 Indeks model formulasi optimasi tahap 2 (dua)

Indeks	Description
a	Indeks tipe produk primer $a = 1, 2, \dots, A$
b	Indeks tipe produk sekunder $b = 1, 2, \dots, B$
c	Indeks tipe produk tersier $c = 1, 2, \dots, C$

Tabel 20 Parameter model formulasi optimasi tahap 2 (dua)

Parameter	Deskripsi
λ_a^{prim}	Probabilitas ketidakpastian/perubahan rendemen produk primer tipe a
λ_b^{sec}	Probabilitas ketidakpastian rendemen produk sekunder tipe b
λ_c^{ter}	Probabilitas ketidakpastian rendemen produk tersier tipe c
x_a^A	Jumlah keseluruhan bahan baku baik dari pemasok maupun dari limbah/pengembalian produk yang masuk ke proses produksi primer a
x_b^B	Jumlah keseluruhan bahan baku baik dari pemasok maupun dari limbah/pengembalian produk yang masuk ke proses produksi sekunder b

x_c^C	Jumlah keseluruhan bahan baku baik dari pemasok maupun dari limbah/pengembalian produk yang masuk ke proses produksi tersier c
y_a^{prim}	Jumlah bahan baku dari limbah/pengembalian produk/persediaan yang masuk ke proses produksi primer
y_b^{sec}	Jumlah bahan baku dari limbah/pengembalian produk/persediaan yang masuk ke proses produksi sekunder
y_c^{ter}	Jumlah bahan baku dari limbah/pengembalian produk/persediaan yang masuk ke proses produksi tersier
c_a^{prim}	Total ongkos yang dibutuhkan untuk memproduksi produk primer a
c_b^{sec}	Total ongkos yang dibutuhkan untuk memproduksi produk sekunder b
c_c^{ter}	Total ongkos yang dibutuhkan untuk memproduksi produk sekunder c
l_a^{prim}	Sisa produksi/limbah yang dihasilkan dari proses produksi primer a
l_b^{sec}	Sisa produksi/limbah yang dihasilkan dari proses produksi primer b
l_c^{ter}	Sisa produksi/limbah yang dihasilkan dari proses produksi primer c
s_a^{prim}	Jumlah penyusutan bahan baku dari proses produksi primer a
s_b^{sec}	Jumlah penyusutan bahan baku dari proses produksi primer b
s_c^{ter}	Jumlah penyusutan bahan baku dari proses produksi primer c
h_a^{prim}	Produk herbal yang dihasilkan dari proses produksi primer a
h_b^{sec}	Produk herbal yang dihasilkan dari proses produksi sekunder b
h_c^{ter}	Produk herbal yang dihasilkan dari proses produksi tersier c

C) Tahap 3

(1) Fungsi tujuan tahap 3 untuk fungsi *recursive* tahap dua untuk fungsi tujuan tahap satu :

- $c^{trans} = c^{fg} + c^{cust} + c^{rev}$
- $c^{fg} = \sum_{n=1}^N \sum_{w=1}^W (c_{nw}^{fg} \cdot x_{nw}^{fg}); \sum_{n=1}^N \sum_{w=1}^W (x_{nw}^{fg}) = D^{dem}$
- $c^{cust} = \sum_{n=1}^N \sum_{w=1}^W \sum_c^C (c_{nwc}^{cust} \cdot x_{nwc}^{cust})$
- $c^{rev} = \sum_{n=1}^N \sum_c^C \sum_r^R (c_{ncr}^{rev} \cdot x_{ncr}^{rev})$

(2) Indeks, parameter, dan variabel

Indeks, parameter, dan variabel model formulasi optimasi rantai pasok balik tahap tiga agroindustri herbal dapat dilihat pada Tabel 21,22, dan 23.

Tabel 21 Indeks model formulasi optimasi tahap 3 (tiga)

Indeks	Deskripsi
n	Indeks produk herbal $n=1,2,3, \dots, N$
w	Indeks gudang produk jadi $w=1,2,3, \dots, W$
c	Indeks konsumen $c=1,2,3, \dots, C$
r	Indeks gudang pengembalian produk $r=1,2,3, \dots, R$

Tabel 22 Parameter model formulasi optimasi tahap 3 (tiga)

Parameter	Deskripsi
x_{nw}^{fg}	Jumlah produk herbal n yang ditransportasikan dari pabrik ke gudang produk jadi w
x_{nwc}^{cust}	Jumlah produk herbal n yang ditransportasikan dari gudang produk jadi w ke konsumen c
x_{ncr}^{rev}	Jumlah pengembalian produk herbal n yang ditransportasikan dari konsumen c ke gudang pengembalian produk r
D^{dem}	Jumlah permintaan

Tabel 23 Variabel fungsi optimasi tahap 3 (tiga)

Variabel	Deskripsi
C_{nw}^{fg}	Ongkos/unit transportasi/pengiriman produk herbal n dari pabrik ke gudang produk jadi w
C_{nwc}^{cust}	Ongkos/unit transportasi/pengiriman produk herbal n dari gudang produk jadi w ke konsumen c
C_{ncr}^{rev}	Ongkos/unit transportasi/pengembalian produk herbal n dari konsumen c ke gudang pengembalian produk r

5.2.6 Identifikasi Transisi Siklus Markov

Pada tahap ini akan ditentukan matriks transisi siklus markov yang memperlihatkan dinamika perubahan suatu kondisi menuju suatu kondisi *steady state* dalam suatu kurun waktu/periode. Pencapaian kurun waktu/periode *steady state* diperoleh dengan melakukan perkalian matriks transisi siklus markov hingga diperoleh hasil perkalian matriks yang bernilai (hampir) sama. Besaran matriks awal pada periode nol diperoleh dari nilai

probabilitas ketidakpastian/perubahan pada perolehan baku r kualitas u yang diperoleh dari pemasok s . P adalah matrix awal probabilitas markov (periode $t=0$ (t awal)) dalam ketidakpastian/perubahan pemenuhan bahan baku dari setiap pemasok dengan ukuran baris x kolom bergantung pada kompleksitas variansi indeks (ukuran matriks = $(r^u \cdot s) \times (r^u \cdot s)$). Untuk $r=1$, $u=1$, dan $s=4$ (kelompok petani / *peasant* (*peas*), perorangan / farmer (*far*), pengumpul / collector (*col*), dan kebun internal perusahaan / owner (*own*), ukuran matriks $P = (1^1 \cdot 4) \times (1^1 \cdot 4)$. Dengan pemisalan indeks 11 yaitu nilai probabilitas perpindahan perolehan bahan baku dari kelompok petani/*peasant* (*peas*), ke kelompok petani/*peasant* (*peas*; tetap) sebesar a , indeks 12 yaitu nilai probabilitas perpindahan perolehan bahan baku dari kelompok petani/*peasant* (*peas*) ke petani perorangan/farmer (*far*) sebesar b , indeks/nilai 13 yaitu nilai probabilitas perpindahan perolehan bahan baku dari kelompok petani/*peasant* (*peas*) ke pengumpul/collector (*col*) sebesar c , indeks/nilai 14 yaitu probabilitas perpindahan perolehan bahan baku dari kelompok petani/*peasant* (*peas*) ke kebun internal perusahaan/owner (*own*) sebesar d , dan jumlah baris (nilai probabilitas) = $a + b + c + d = 1$. Hal yang sama berlaku pada indeks 21,22,23,24, dan seterusnya.

$$\text{Indeks } P = \begin{array}{c} \text{Peas} \\ \text{far} \\ \text{col} \\ \text{own} \end{array} \begin{array}{c} \text{Peas} \\ \text{far} \\ \text{col} \\ \text{own} \end{array} \begin{bmatrix} 11 & 12 & 13 & 14 \\ 21 & 22 & 23 & 24 \\ 31 & 32 & 33 & 34 \\ 41 & 42 & 43 & 44 \end{bmatrix}$$

$$\text{Nilai } P = \begin{array}{c} \text{Peas} \\ \text{far} \\ \text{col} \\ \text{own} \end{array} \begin{array}{c} \text{Peas} \\ \text{far} \\ \text{col} \\ \text{own} \end{array} \begin{bmatrix} + & & & \\ e & f & g & h \\ i & j & k & l \\ m & n & o & p \end{bmatrix} \begin{array}{l} = 1 \\ = 1 \\ = 1 \\ = 1 \end{array}$$

5.2.7. Model Stokastik *Hybrid Fuzzy* Multitahap Rantai Pasok Balik Agroindustri Herbal

Setelah melakukan identifikasi berbagai parameter ketidakpastian yang meliputi stokastik, *fuzzy* maupun transisi siklus markov pada rantai pasok balik agroindustri herbal selanjutnya dapat diperoleh model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* rantai pasok balik multitahap agroindustri herbal yang meliputi cakupan rantai pasok multitahap yaitu tahap satu, dua, dan tiga; multiproduk yaitu produk primer, sekunder, dan tersier; multikualitas yaitu bahan baku kualitas baik, sedang, dan rendah; dan multiperiode yaitu periode $1, 2, \dots, n$, di mana nilai n diperoleh dari sejumlah perkalian matriks transisi markov hingga ke jumlah n yang menghasilkan kestabilan nilai matriks.

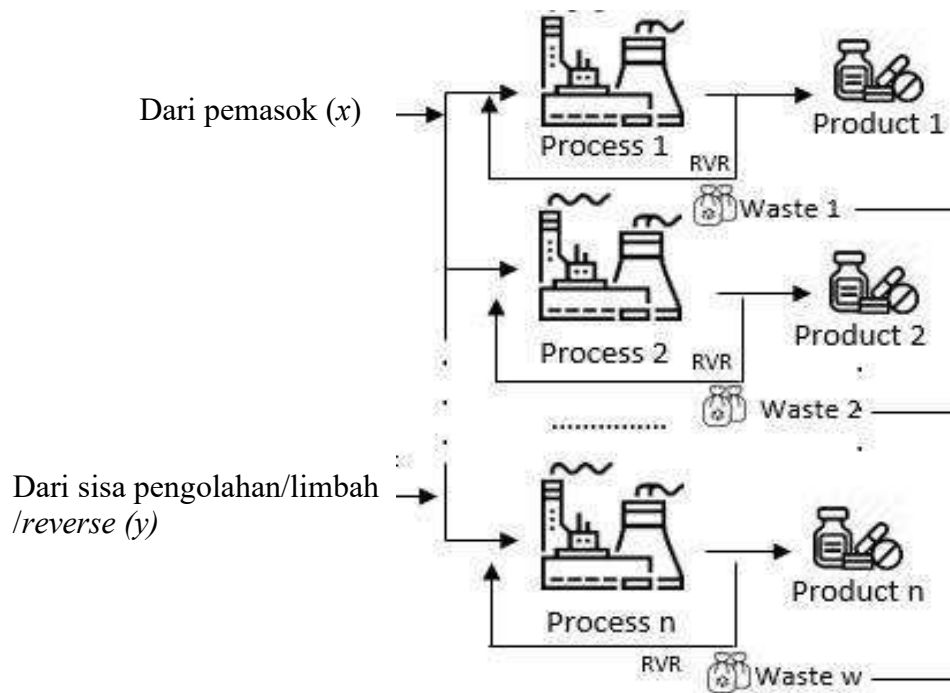
5.2.8 Fuzzifikasi Parameter Ketidakpastian Kualitas Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi produk herbal disamping diperoleh dari pemasok, diperoleh pula dari sisa produksi maupun pengembalian produk dari konsumen, di mana kondisi pada proses produksi dan kondisi produk yang dikembalikan dari konsumen memiliki sifat yang tidak pasti. Hal tersebut mempengaruhi kebijakan dalam perolehan bahan baku yang akan dibeli dari pemasok dalam suatu hubungan pengaruh yang bersifat *fuzzy*. Produk yang dikembalikan dari konsumen ke pabrikan akan melalui proses sortasi dengan asumsi kebijakan klasifikasi kualitas terdiri dari 4 tingkatan yaitu level A (baik sekali), B (baik), C (sedang), dan D (kurang). Kebijakan pemilihan jumlah kualitas bahan baku dari pemasok dipengaruhi oleh kondisi bahan baku yang berasal baik dari sisa produksi/limbah maupun pengembalian produk dari konsumen, sedangkan bahan baku yang masih utuh yang dibeli sebelumnya diasumsikan bahwa semua bahan baku yang masuk ke proses utama diproses keseluruhan sehingga tidak ada persediaan bahan baku. Gambar 31 memperlihatkan sumber bahan baku yang masuk dalam proses produksi meliputi bahan baku dari pemasok, bahan baku dari sisa pengolahan produk promer, dan bahan baku dari proses pengembalian (daur ulang) produk dari konsumen.

Fuzzy inference system (FIS) pada model matematika digunakan untuk menyimpulkan jumlah bahan baku yang harus dibeli dari pemasok oleh pabrikan beserta standar kualitasnya yang bersifat *fuzzy* dan dirumuskan dalam suatu *membership function* pada *Fuzzy Logic System (FLS)* untuk jumlah bahan baku dari limbah dan pengembalian produk (*reverse*) yaitu sedikit ((0%-40%)xR), sedang ((30%-70%)xR), dan banyak ((65%-100%)xR) seperti ditunjukkan pada Gambar 32. *Membership function* pada *Fuzzy Logic System (FLS)* untuk kualitas bahan baku level A (baik sekali) yaitu bernilai antara 80-100 dan level B (baik) yang bernilai antara 70-85, level C (sedang) dengan nilai antara 60-75 dan level D (kurang) dengan nilai (0-62) ditunjukkan pada Gambar 33. Model *FIS* pada model matematika didesain dengan asumsi bahwa produk memiliki kandungan bahan utama yaitu simplisia dengan penentuan jumlah bahan baku kualitas level A (baik sekali) melalui proses inferensia *FIS* dan jumlah bahan baku kualitas level B (baik) ditentukan dengan cara *by difference* seperti ditunjukkan pada Gambar 34. Adapun *fuzzy rule* yang digunakan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 35 adalah sebagai berikut :

1. Bila jumlah limbah dan pengembalian produk (y) sedikit dan berkualitas sedang maka kualitas bahan baku yang dibeli/diperoleh dari pemasok minimal berkulaitas baik.
2. Bila jumlah limbah dan pengembalian produk (y) sedikit dan berkualitas kurang maka kualitas bahan baku yang dibeli/diperoleh dari pemasok minimal berkulaitas baik sekali.
3. Bila jumlah limbah dan pengembalian produk (y) sedang dan berkualitas sedang maka kualitas bahan baku yang dibeli/diperoleh dari pemasok minimal berkulaitas baik.
4. Bila jumlah limbah dan pengembalian produk (y) sedang dan berkualitas kurang maka kualitas bahan baku yang dibeli/diperoleh dari pemasok minimal berkulaitas baik sekali.

5. Bila jumlah limbah dan pengembalian produk (y) banyak dan berkualitas sedang maka kualitas bahan baku yang dibeli/diperoleh dari pemasok minimal berkualitas baik.
6. Bila jumlah limbah dan pengembalian produk (y) banyak dan berkualitas kurang maka kualitas bahan baku yang dibeli/diperoleh dari pemasok minimal berkualitas baik sekali.



Gambar 31 Sumber bahan baku proses produksi



Gambar 32 Fungsi keanggotaan bahan baku dari produk *reverse*



Gambar 33 Fungsi keanggotaan kualitas bahan baku dari produk *reverse*



Gambar 34 Fungsi keanggotaan kualitas bahan baku dari pemasok

```

run:
Case Periode 4
The Jumlah bahan baku dari recycling: 0.0
The Kualitas bahan baku dari recycling: 60.0
Using height defuzzification, FLS merekomendasikan bahwa persentase jumlahbahan baku kualitas Baik yang harus dibeli adalah : 90.0
Using centroid defuzzification, FLS merekomendasikan bahwa persentase jumlahbahan baku kualitas Baik yang harus dibeli adalah: 90.0

Type-1 Fuzzy Logic System with 5 rules:
IF Jumlah Bahan Baku dari Recycling Sedikit AND Kualitas Bahan Baku dari Recycling Rendah THEN Persentase Bahan Baku Sedang
IF Jumlah Bahan Baku dari Recycling Sedikit AND Kualitas Bahan Baku dari Recycling Rendah Sekali THEN Persentase Bahan Baku Kualitas Baik
IF Jumlah Bahan Baku dari Recycling Sedang AND Kualitas Bahan Baku dari Recycling Rendah THEN Persentase Bahan Baku Kualitas Baik
IF Jumlah Bahan Baku dari Recycling Banyak AND Kualitas Bahan Baku dari Recycling Rendah THEN Persentase Bahan Baku Sedang
IF Jumlah Bahan Baku dari Recycling Banyak AND Kualitas Bahan Baku dari Recycling Rendah Sekali THEN Persentase Bahan Baku kualitas Baik

```

Gambar 35 *Fuzzy rule* pemilihan kualitas bahan baku

5.2.9 Menentukan *Markovian Matrix* untuk Multiperiodo Operasi.

Nilai matriks digunakan untuk menentukan pengambilan keputusan pada periode selanjutnya sepanjang rentang periode operasi. Untuk periode satu, dua, dan seterusnya nilai matriks transisi pada periode t diperoleh dengan memangkatkan matriks awal P dengan nilai (jumlah) pangkat sama dengan nilai (jumlah) periode yang akan ditentukan nilai matriksnya (t). Perkalian (pangkat) dilakukan hingga periode di mana hasil nilai perkalian (pemangkatan) bernilai tetap. Pada periode tersebut tercapai kondisi *steady state* yang

kemudian ditetapkan sebagai jumlah priode operasi di mana untuk kebijakan optimasi selanjutnya dilakukan pemetaan kembali besaran nilai probabilitas perubahan parameter model. Berikut adalah rumusan/model formulasi matriks transisi siklus markov pada periode ke-n (P^n).

$$P^n = \begin{bmatrix} a & b & c & d \\ e & f & g & h \\ i & j & k & l \\ m & n & o & p \end{bmatrix}^n$$

5.2.10. Menentukan Distribusi Stokastik Input Parameter

Disamping ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku yang terdapat pada tahap satu rantai pasok balik multistap agroindustri herbal, ketidakpastian juga terjadi pada proses produksi di tahap dua yaitu ketidakpastian/perubahan hasil rendemen sebagai produk herbal dan pada proses distribusi/transportasi yang ada di tahap tiga yaitu ketidakpastian/perubahan jumlah permintaan konsumen terhadap produk herbal dan ketidakpastian/perubahan jumlah pengembalian produk herbal.

5.2.11 Mengelompokkan Proses dalam Setiap Tahapannya dan Melakukan Perhitungan dengan Menggunakan *Recursive Function*.

Model formulasi optimasi rantai pasok balik multistap agroindustri herbal terdiri dari 3 tahap yaitu tahap pertama perolehan bahan baku dari pemasok, tahap dua proses produksi, dan tahap tiga distribusi produk herbal. Fungsi *recursive* yang terjadi pada rantai pasok balik multistap agroindustri herbal meliputi fungsi *recursive* pada tahap dua yaitu di mana jumlah produk jadi yang dihasilkan diperoleh dari perhitungan yang ada pada tahap tiga yaitu permintaan konsumen terhadap produk herbal dan fungsi *recursive* pada tahap satu yaitu di mana jumlah bahan baku yang dibeli/diperoleh dari pemasok ditentukan dari jumlah bahan baku dari pemasok yang dibutuhkan pada proses produksi (tahap dua). Fungsi *recursive* juga dilakukan untuk menentukan jumlah standar minimal kualitas bahan baku yang dibeli/diperoleh dari pemasok (tahap satu) yaitu ditentukan dari kuantitas dan kualitas bahan baku dari limbah dan pengembalian produk (tahap dua).

5.2.12 Implementasi Model Formulasi Optimasi *Hybrid Fuzzy Multi Stage Stochastic Programming (HFMSp)* Agroindustri Herbal

Implementasi model formulasi optimasi *Hybrid Fuzzy Multi Stage Stochastic Programming (HFMSp)* agroindustri herbal dilakukan dengan melakukan input data, proses dan running sistem hingga diperoleh keluaran yang diinginkan. Sebelumnya model formulasi dibangun pada bahasa pemrograman Java dengan bantuan perangkat lunak kode editor netbeans IDE.

5.2.13 Nilai Optimal sebagai Output Model

Nilai optimal model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistap rantai pasok balik agroindustri herbal terdiri dari beberapa variabel yang dijadikan dalam pengambilan keputusan yaitu kombinasi kuantitas dan kualitas bahan baku yang dibeli/diperoleh dari berbagai tipe pemasok sebagai bahan

pertimbangan dalam menentukan pilihan pemasok yang akan menyediakan bahan baku dengan ongkos terendah. Disamping dikarenakan pemilihan pemasok yang dapat meminimasi ongkos (ketidakpastian/perubahan) bahan baku, optimasi juga diperoleh melalui kombinasi penggunaan bahan baku dari limbah/pengembalian produk dari konsumen sehingga diperoleh biaya produksi yang optimal tanpa menurunkan standar kualitas produk yang ditargetkan. Disamping kuantitas dan kualitas bahan baku yang dibeli/diperoleh dari berbagai tipe pemasok keluaran model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal juga berupa jumlah produksi produk herbal yang memfasilitasi ketidakpastian/perubahan permintaan produk herbal oleh konsumen dan ketidakpastian/perubahan kinerja proses produksi. Melalui model formulasi optimasi rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal khususnya dalam penentuan jumlah bahan baku dari pemasok bahan baku terpilih berdasarkan pada dinamisasi (matriks transisi markov) probabilitas preferensi pemilihan pemasok bahan baku (model stokastik), serta ketidakpastian kualitas bahan baku yang bersifat *fuzzy*, diharapkan mampu menjawab kebutuhan akan ketersediaan bahan baku yang berkualitas sehingga dapat memenuhi kebutuhan pasar akan produk herbal baik secara kuantitas maupun kualitas dan pada akhirnya diharapkan produk herbal mampu bertahan di pasar dan memiliki daya saing pasar yang baik.

5.3 Model Kontrak Adaptif

Setelah melakukan desain model proses bisnis dan model formulasi optimasi stokastik *fuzzy hybrid* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal, selanjutnya adalah melakukan desain/pengembangan model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal. Model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal didesain dengan tujuan meningkatkan kinerja rantai pasok balik agroindustri herbal melalui kerja sama yang saling menguntungkan sehingga tercapai kinerja rantai pasok yang efektif dan efisien. Efektif melalui kinerja rantai pasok sesuai dengan kebutuhan pasar dan efisien melalui penggunaan sumber daya yang optimal. Hal tersebut dapat diimplementasikan bila terjalin kerja sama yang baik di antara pelaku rantai pasok di setiap tahapannya. Melalui sistem bagi hasil yang memenangkan semua pihak (*win-win solution*) berdasarkan pada ketidakpastian/perubahan kondisi rantai pasok, diharapkan kontrak adaptif rantai pasok balik agroindustri herbal dapat menghadirkan solusi kolaborasi rantai pasok yang optimal untuk kinerja rantai pasok yang optimal.

Pada model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ini digunakan asumsi informasi simetris di mana setiap pelaku rantai pasok yang terlibat dalam kontrak yaitu pemasok, pabrik, dan distributor memiliki informasi yang sama (jujur dan terbuka) terhadap informasi yang diperlukan untuk menentukan variabel dan parameter kontrak antara lain besaran ongkos proses produksi bahan baku, ongkos proses produksi produk herbal, ongkos distribusi/transportasi, tingkat keberhasilan memproduksi bahan baku, tingkat keberhasilan memproduksi produk herbal, tingkat eksistensi produsen. Kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal dibagi menjadi 3 tahap yaitu tahap satu antara pemasok dengan pabrik, tahap dua antara pabrik dengan distributor dan tahap tiga antara distributor dengan konsumen. Melalui

model kontrak adaptif rantai pasok balik multistap agroindustri herbal diharapkan mampu menjawab permasalahan kolaborasi rantai pasok herbal baik dalam hal pemenuhan peluang pangsa pasar yang terbuka lebar, pemenuhan kebutuhan akan produk herbal yang berkualitas sesuai standar yang diinginkan oleh pengguna baik standar kualitas produksi maupun distribusi. Kontrak adaptif rantai pasok balik multistap agroindustri herbal menghadirkan sistem kolaborasi yang mampu merespon perubahan/ dinamisasi pasar melalui besaran variabel pada kontrak yang dihasilkan dari model formulasi stokastik *hybrid fuzzy* yang bersifat andal yaitu mampu merespon dinamisasi permintaan pasar. Melalui sistem kontrak adaptif yang menerapkan *reward* dan penalti berbasis *win-win solution* diharapkan kinerja rantai pasok multistap lebih meningkat.

Berikut ini adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam desain model formulasi optimasi rantai pasok balik multistap agroindustri herbal.

5.3.1 Identifikasi Parameter dan Variabel Kontrak

Parameter dan variabel kontrak adaptif rantai pasok balik multistap agroindustri herbal dapat dilihat pada Tabel 24.

Tabel 24 Parameter dan variabel kontrak untuk masing-masing pelaku rantai pasok a untuk produk n pada periode t

Simbol	Keterangan
A. Indeks	
t	Periode kontrak
n	Tipe produk
a	Pelaku rantai pasok
B. Parameter	
θ	Prediksi peluang keberhasilan memproduksi 100%; $\theta_{\min}=0,25$; Bila $\theta > 0,25$ produksi tidak dilakukan; $\theta=0-1$
c	Prediksi ongkos produksi dengan peluang keberhasilan memproduksi 100% sebesar 100%; Ditentukan dari hasil optimasi <i>HFMS</i>
HPS	Prediksi harga pasar
q	Prediksi jumlah produk yang dipesan (ditentukan dari hasil optimasi <i>HFMS</i>); $q=D=y$ (dengan $p=c/\theta$)
D	Prediksi jumlah permintaan; $q = D = y$ (karena $p=c/\theta$)
y	Prediksi jumlah produk yang dikirim pelaku rantai pasok a ke pelaku rantai pasok $a+1$
I	Prediksi probabilitas eksistensi pelaku rantai pasok; $I=0-1$
b	Prediksi harga <i>buyback</i> yang dilakukan oleh pelaku rantai pasok a dari pelaku rantai pasok $a+1$
C. Variabel	
C	Prediksi ongkos untuk menghasilkan produk dengan peluang keberhasilan menghasilkan produk 100% sebesar θ
B	Prediksi <i>buyback</i> yang dilakukan oleh pelaku rantai pasok a dari pelaku rantai pasok $a+1$ dengan harga beli kembali sebesar b ; $B_i=0$ bila $q_i' < D_i'$ $B_i=q_i'-D_i'$ bila $q_i' \geq D_i'$

5.3.2 Identifikasi Pendapatan dan Penalti

Pendapatan dan penalti kontrak adaptif rantai pasok balik multistap agroindustri herbal dapat dilihat pada Tabel 25.

Tabel 25 Pendapatan dan penalti kontrak adaptif untuk masing-masing pelaku rantai pasok a untuk produk n pada periode t

Simbol	Keterangan
X	Prediksi jumlah pembayaran hasil penjualan; $X = HPS \times y$; bila $HPS \geq C$; $X = C \times y$; bila $HPS < C$
X'	Jumlah pembayaran hasil penjualan riil; $X' = HPS' \times y'$; bila $HPS' \geq C'$; $X' = C' \times y'$; bila $HPS' < C'$
p	Prediksi penalti per unit produk yang tidak terpenuhi/terkirim; $p = p_{\max} = c/\theta$, sehingga produksi dilakukan maksimal (q terpenuhi) dengan kata lain tidak ada penalti yang dibayarkan.
p'	Penalti riil per unit produk yang tidak terpenuhi/terkirim; $p' = p'_{\max} = c'/\theta'$, sehingga produksi dilakukan maksimal (q terpenuhi) dengan kata lain tidak ada penalti yang dibayarkan.

5.3.3 Identifikasi Perubahan Variabel Kontrak

Perubahan variabel kontrak adaptif rantai pasok balik multistap agroindustri herbal dapat dilihat pada Tabel 26.

Tabel 26 Perubahan variabel kontrak adaptif untuk masing-masing pelaku rantai pasok a untuk produk n pada periode t

Simbol	Keterangan
c'	Ongkos produksi riil
θ'	Peluang riil keberhasilan memproduksi 100%
C'	Ongkos riil untuk menghasilkan produk dengan peluang keberhasilan menghasilkan produk 100% sebesar θ'
HPS'	Harga pasar riil
y'_{\max}	Jumlah riil produk yang dikirim pelaku rantai pasok a kepada pelaku rantai pasok $a+1$ yang dapat menghasilkan keuntungan maksimal bagi pelaku rantai pasok a . $y'_{\max} = 0$ bila $p < c/\theta$ dan atau $X < (c/\theta)q$ $y'_{\max} = q'$ bila $p \geq c/\theta$
q'	Jumlah produk riil yang dibeli disesuaikan dengan kemampuan/daya beli (eksistensi) pembeli (pelaku rantai pasok $a+1$)
D'	Jumlah riil permintaan produk oleh konsumen

5.3.4 Identifikasi Keuntungan

Keuntungan pelaku kontrak adaptif rantai pasok balik multistap agroindustri herbal dapat dilihat pada Tabel 27.

Tabel 27 Keuntungan pelaku kontrak adaptif untuk masing-masing pelaku rantai pasok a untuk produk n pada periode t

Simbol	Keterangan
Π	Prediksi keuntungan penjualan $\Pi = X_i - (C_i * y_i) - (p_i * (q_i - y_i))$
Π'	Keuntungan penjualan riil $\Pi' = X_i' - (C_i' * y_i') - (p_i' * (q_i' - y_i'))$

5.3.5 Desain Model Kontrak Adaptif

Contoh perhitungan desain model kontrak adaptif rantai pasok balik mulitahap agroindustri herbal untuk pelaku rantai pasok 1,2, dan 3 dapat dilihat pada Tabel 28.

Tabel 28 Contoh perhitungan desain model kontrak adaptif

t	Supplier																				
	c1	c1'	θ_1	θ_1'	C1	C1'	HPS1	HPS1'	q1=D1=y1	I'1_(Supplier exists)	q1'	D1'	B1	bi	y1'	x1	x1'	Π_1	Π_1'	p1	p1'
1	216.319	216.696	0,72	0,42	300.443	515.943	320.443	535.943	9.557	0,63	6.021	5.363	658	515.943	6.021	3.187.767.517	3.226.863.708	198.960.000	120.418.200	300.443	515.943
2	206.540	215.309	0,61	0,55	338.590	391.471	358.590	411.471	10.557	0,91	7.707	6.626	##	391.471	7.707	3.925.845.115	3.171.045.823	218.960.000	154.132.200	338.590	391.471
3	223.726	205.176	0,81	0,64	276.205	320.588	296.205	340.588	11.557	0,37	1.618	5.494	0	320.588	1.618	3.539.056.602	551.063.763	238.960.000	32.359.600	276.205	320.588
4	217.549	233.815	0,85	0,45	255.940	519.589	275.940	539.589	12.557	0,91	7.785	6.144	##	519.589	7.785	3.572.871.120	4.200.882.960	258.960.000	155.706.800	255.940	519.589
t	Prosesor																				
	c2	c2'	θ_2	θ_2'	C2	C2'	HPS2	HPS2'	q2=D2=y2	I'2_(Supplier exists)	q2'	D2'	B2	b2	y2'	x2	x2'	Π_2	Π_2'	p2	p2'
1	648.957	621.525	0,97	0,59	669.028	1.053.432	689.028	1.073.432	5.868	0,67	3.932	8.641	0	1.053.432	3.932	5.398.533.088	4.220.263.114	156.700.000	78.631.200	669.028	1.053.432
2	619.620	659.883	0,75	0,95	826.160	694.614	846.160	714.614	6.868	0,73	1.168	8.160	0	694.614	1.168	7.475.823.600	834.354.353	176.700.000	23.351.200	826.160	694.614
3	671.178	614.457	0,86	0,64	780.440	960.089	800.440	980.089	7.868	0,14	1.102	6.737	0	960.089	1.102	7.872.322.826	1.079.587.704	196.700.000	22.030.400	780.440	960.089
4	652.647	613.848	0,71	0,54	919.221	1.136.756	939.221	1.156.756	8.868	0,62	5.498	5.173	325	1.136.756	5.498	10.176.460.908	6.360.027.125	216.700.000	109.963.200	919.221	1.136.756
t	Distributor																				
	c3	c3'	θ_3	θ_3'	C3	C3'	HPS3	HPS3'	q3=D3=y3	I'3_(Supplier exists)	q3'	D3'	B3	b3	y3'	x3	x3'	Π_3	Π_3'	p3	p3'
1	865.276	866.784	0,51	0,41	1.696.620	2.114.107	1.716.620	2.134.107	5.694	0,99	5.637	7.117	0	2.114.107	5.637	10.965.766.055	12.030.090.993	127.760.000	112.741.200	1.696.620	2.114.107
2	826.160	861.236	0,84	0,85	983.524	1.013.219	1.003.524	1.033.219	6.694	0,17	1.138	9.381	0	1.013.219	1.138	7.414.033.905	1.175.782.357	147.760.000	22.759.600	983.524	1.013.219
3	894.904	820.704	0,51	0,90	1.754.714	911.893	1.774.714	931.893	7.694	0,22	1.693	8.827	0	911.893	1.693	14.886.298.729	1.577.397.207	167.760.000	33.853.600	1.754.714	911.893
4	870.196	935.260	0,97	0,52	897.109	1.798.577	917.109	1.818.577	8.694	0,97	8.433	9.574	0	1.798.577	8.433	8.609.821.905	15.336.386.536	187.760.000	168.663.600	897.109	1.798.577

VI IMPLEMENTASI HASIL PENELITIAN

6.1 Studi Kasus Model Rantai Pasok Balik Multitahap Agroindustri Herbal

Model rantai pasok balik multitahap agroindustri herbal meliputi model proses bisnis rantai pasok balik multitahap, model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multitahap rantai pasok balik, dan model kontrak adaptif rantai pasok balik multitahap agroindustri herbal yang dapat diterapkan pada setiap rantai pasok herbal yang fokus pada sistem logistik balik. Sebagai studi kasus model diimplementasikan pada salah satu agroindustri herbal yaitu PT X yang memiliki sifat dan karakteristik model rantai pasok yang representatif dengan kondisi permasalahan serta memungkinkan untuk diterapkannya model stokastik *hybrid fuzzy* multitahap rantai pasok balik agroindustri herbal. Implementasi model formulasi optimasi stokastik dibagi ke dalam 3 tahapan di mana besaran parameter yang dilibatkan merupakan parameter yang telah disesuaikan dengan faktor multiketidakpastian meliputi stokastik probabilitas distribusi, *fuzzy*, dan stokastik proses siklus *markov* sebagai akibat konsekuensi adanya hubungan dengan keadaan pada periode sebelumnya (*recursive*).

Visi PT X adalah menjadi perusahaan herbal terdepan dengan produk tersebar secara internasional, yang dikerjakan oleh karyawan yang loyal dan berdedikasi tinggi. Misi PT X antara lain : memajukan perekonomian dengan herbal dan beragam produk hayati lainnya, menghasilkan produk-produk herbal bermutu tinggi yang mampu membantu masyarakat dalam mengikhtiarkan kehidupan yang sehat, memajukan lingkungan dengan pengembangan usaha-usaha herbal dan lainnya, meningkatkan kesejahteraan pekerja dan lingkungan.

PT X memiliki produk-produk yang diproduksi secara higienis di bawah pengawasan apoteker ahli dengan Standar pedoman CPOTB, ISO 9001 & ISO 22000 untuk menjaga standarisasi mutu sehingga menghasilkan produk dengan kualitas terbaik. Berbagai jenis produk yang diproduksi meliputi Produk herbal : Kapsul herbal tunggal dan komposisi; Kosmetik Herbal : Sabun Wajah, Sabun Mandi, Masker, Lulur, Cream dll; Pangan Olahan : Minuman Instan, Teh Herbal, Susu, Kopi dll. Mempunyai izin yang lengkap baik izin usaha maupun izin produk. dengan lebih dari 180 izin TR (izin edar produk obat tradisional dalam negeri), 33 izin NA (izin edar produk kosmetik), dan 3 Izin MD (izin edar produk pangan dalam negeri).

Dalam memproduksi PT X memiliki kendala dalam pasokan bahan baku utama simplisia sambiloto dikarenakan preferensi pemilihan pemasok yang belum optimal dan kualitas produksi yang belum memuaskan permintaan konsumen akan produk herbal sehingga rantai pasok belum berjalan secara optimal. Ketidaksiapan pemasok dalam menyediakan bahan baku menyebabkan ketidakpastian dalam preferensi pemilihan baku baik secara kuantitas maupun kualitas sehingga berdampak pada ongkos pengadaan bahan baku yang pada akhirnya berdampak pula pada ongkos produksi dan distribusi. Untuk itu perlu dilakukan analisis ketidakpastian dan minimasi ongkos untuk memperoleh peningkatan efisiensi. Melalui model stokastik *hybrid fuzzy* multitahap rantai pasok balik agroindustri herbal berbasis kontrak adaptif diharapkan perusahaan dapat meningkatkan efisiensi melalui minimasi ongkos dan peningkatan nilai tambah melalui alur logistik balik dan meningkatkan kepastian pasokan melalui

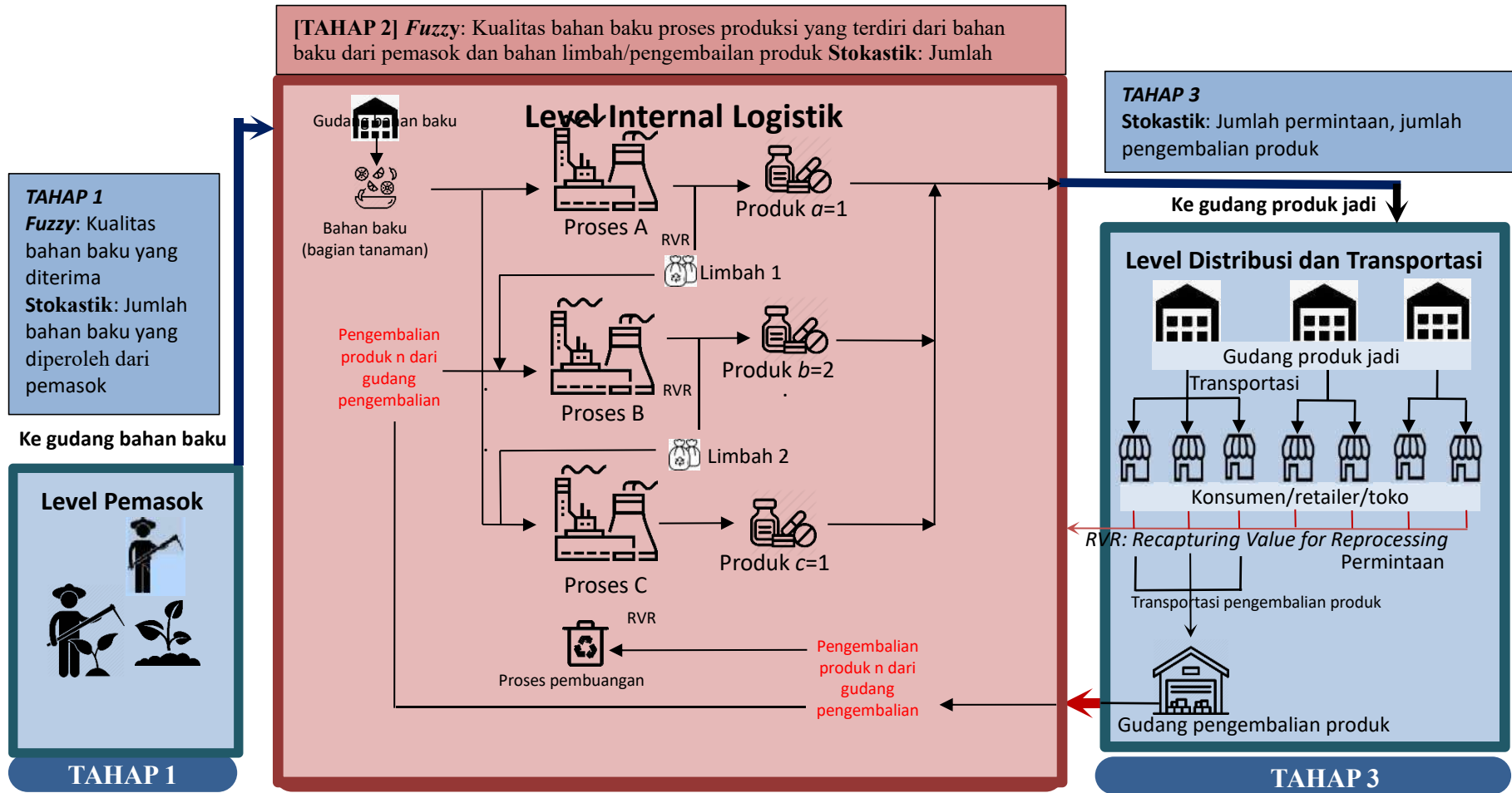
sistem kolaborasi yang menguntungkan pihak-pihak yang terlibat dalam kontrak melalui sistem kontrak adaptif.

Berikut ini adalah implementasi model rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal meliputi model proses bisnis rantai pasok balik multistahap, model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik, dan model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal pada PT X.

6.1.1. Model Proses Bisnis

Alur proses logistik rantai pasok balik agroindustri herbal PT X dapat dilihat pada Gambar 36. Dari Gambar 36 dapat dijelaskan bahwa rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal terdiri dari 3 tahapan yaitu tahap pertama antara pemasok dengan pabrikan, tahap kedua antara pabrikan dengan distributor, dan tahap ketiga antara distributor dengan konsumen. Proses produksi terdiri dari proses produksi primer untuk produk herbal primer, proses produksi sekunder untuk produk herbal sekunder, dan proses produksi tersier untuk produk herbal tersier. Produk herbal primer yaitu obat kapsul herbal, produk sekunder yaitu pupuk cair dan produk tersier berupa pupuk padat. Bahan baku berupa simplisia yaitu bagian dari tanaman herbal yang dikeringkan yang telah disortasi berdasarkan pada kualitas yang diinginkan. Bahan baku diperoleh dari pemasok yang terdiri dari kumpulan petani/*peasant (peas)*, petani perorangan/*farmer (far)*, pengumpul/*collector (col)*, dan kebun internal perusahaan/*owner (own)*. Produk primer yaitu obat kapsul herbal dihasilkan dari rangkaian proses produksi primer dengan menggunakan bahan baku langsung dari pemasok hingga diperoleh rendemen yang dijadikan produk akhir/jadi dari produk herbal. Produk sekunder yaitu pupuk cair dihasilkan dari rangkaian proses produksi sekunder dengan menggunakan bahan baku tambahan dari pemasok, bahan baku dari sisa proses produksi produk primer serta bahan baku dari pengembalian produk dari konsumen yang siap untuk diolah. Produk tersier yaitu pupuk padat yang dihasilkan dari rangkaian proses produksi dengan menggunakan bahan baku tambahan dari pemasok, bahan baku dari sisa produksi produk sekunder serta bahan baku dari pengembalian produk dari konsumen yang siap untuk diolah.

Untuk memperoleh proses bisnis yang andal terhadap multiparameter ketidakpastian, model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal dalam multiparameter ketidakpastian dapat diimplementasikan dengan menggunakan perangkat lunak NetBeans IDE 8.1. Dengan menggunakan teknologi alat bantu perangkat lunak NetBeans IDE 8.1, proses bisnis dalam hal pengambilan keputusan dapat dilakukan lebih cepat, akurat, dan andal terhadap multiparameter ketidakpastian yang ada. Hal tersebut juga sejalan dengan implementasi industri 4.0, yang menekankan penggunaan teknologi dalam meningkatkan kinerja industri. Adapun tantangan yang dihadapi dalam implementasinya adalah kesiapan Sumber Daya Manusia Industri Herbal dalam mengadopsi penggunaan perangkat lunak untuk pengambilan keputusan. Persiapan perlu dilakukan dalam hal pengetahuan, keterampilan, dan sikap baik melalui pendidikan dan pelatihan maupun kursus singkat sehingga pengadopsian teknologi dapat berjalan secara optimal.



Gambar 36 Alur proses logistik rantai pasok balik agroindustri herbal PT X

6.1.2. Model Formulasi Optimasi

Implementasi model formulasi optimasi stokastik *fuzzy hybrid* rantai pasok balik multistap agroindustri herbal di PT X dilakukan dengan menggunakan input data historis perusahaan untuk menjalankan fungsi tujuan pada tahap pertama yaitu berupa probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku dari pemasok, ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku, jumlah permintaan produk herbal oleh konsumen, standar kualitas produk herbal, tingkatan kualitas bahan baku, biaya produksi dan transportasi.

Model formulasi stokastik *fuzzy hybrid* rantai pasok balik multistap agroindustri herbal di PT X terdiri 3 tahap yaitu tahap 1 proses yang terjadi antara pemasok (terdiri dari kelompok petani, petani perorangan, pengumpul, maupun kebun milik internal perusahaan) dan pabrik/industri, tahap dua proses yang terjadi antara pabrik/industri dengan distributor, tahap tiga proses yang terjadi antara distributor dengan konsumen. Berikut ini adalah uraian model formulasi stokastik *fuzzy hybrid* rantai pasok balik multistap agroindustri herbal di PT X pada setiap tahapannya.

DATA INPUT

A) Tahap 1

Berikut adalah data-data yang diperoleh dari pemasok, perusahaan/agroindustri dan distributor produk herbal. Data input adalah data historis selama 10 periode terakhir yang terjadi selama perusahaan beroperasi yaitu Februari 2021 s.d. November 2021. Data bersifat musiman yang selanjutnya akan digunakan untuk meramalkan 10 periode yang akan datang yaitu Desember 2022 s.d. September 2023. Kualitas bahan baku yang digunakan terdiri dari kualitas bahan baku A dengan kisaran nilai 80-100 dan kualitas bahan baku B dengan kisaran nilai 70-85. Produk terdiri dari produk primer yaitu kapsul herbal, produk sekunder yaitu pupuk cair, dan produk tersier yaitu pupuk padat. Jenis bahan baku yang diperhitungkan dalam model formulasi ini adalah 1 jenis bahan baku yaitu berupa simplisia sambiloto.

Berikut adalah data-data yang diperoleh baik dari pemasok maupun pabrik/agroindustri herbal.

- (1) Ongkos/kg ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku r kualitas u pemasok s (c_{rus}) :
- c = Ongkos/unit ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku
 - r = Jenis bahan baku; $r=1$, yaitu bahan baku utama simplisia sambiloto.
 - u = Kategori kualitas bahan baku;
 - $u = 1$; Kategori kualitas bahan baku 1 = baik sekali (A)
 - $u = 2$; Kategori kualitas bahan baku 2 = baik (B)
 - s = Jenis pemasok
 - $s = 1$ = pemasok 1; yaitu pengepul A
 - $s = 2$ = pemasok 2; yaitu pengepul B
 - $s = 3$ = pemasok 3; yaitu petani perorangan A
 - $s = 4$ = pemasok 4; yaitu kebun internal perusahaan A
 - Ongkos/kg perolehan bahan baku beserta ketidakpastian/ perubahannya diolah/dikembangkan berdasarkan pada data perubahan ongkos perolehan bahan baku pada setiap periode pembelian (10 bulan yaitu

pada bulan Februari 2021 hingga November 2021) seperti ditunjukkan pada Tabel 29.

- Ongkos/kg ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku selama 10 periode yaitu periode 1 (Februari 2021) s.d. periode 10 (November 2021) dapat dilihat pada Tabel 30 (periode 1) s.d. Tabel 39 (periode 10), dengan keterangan sebagai berikut :

$$\checkmark c_{111-111} = \text{Ongkos/kg ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto dari : bahan baku 1 kualitas 1 pemasok 1 (rus=111) ke bahan baku 1 kualitas 1 pemasok 1 (rus=111).}$$

$$= c_{111} + (c_{111} - c_{111})$$

$$\checkmark c_{111-112} = \text{Ongkos/kg ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto dari : bahan baku 1 kualitas 1 pemasok 1 (rus=111) ke bahan baku 1 kualitas 1 pemasok 2 (rus=112).}$$

$$= c_{111} + (c_{112} - c_{111})$$

$$\checkmark c_{111-113} = \text{Ongkos/kg perolehan bahan baku beserta ketidakpastian/perubahannya dari : bahan baku 1 kualitas 1 pemasok 1 (rus=111) ke bahan baku 1 kualitas 1 pemasok 3 (rus=113).}$$

$$= c_{111} + (c_{113} - c_{111})$$

.....dst

Tabel 30 Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 1 (Februari 2021) dalam satuan rupiah

C_{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
112	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
113	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
114	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
121	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
122	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
123	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
124	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000

Tabel 31 Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 2 (Maret 2021) dalam satuan rupiah

c_{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
112	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
113	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
114	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
121	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
122	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
123	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
124	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000

Tabel 32 Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 3 (April 2021) dalam satuan rupiah

c_{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
112	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
113	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
114	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
121	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
122	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
123	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
124	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000

Tabel 33 Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 4 (Mei 2021) dalam satuan rupiah

C_{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
112	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
113	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
114	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
121	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
122	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
123	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
124	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000

Tabel 34 Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 5 (Juni 2021) dalam satuan rupiah

C_{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
112	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
113	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
114	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
121	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
122	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
123	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000
124	19.000	19.000	16.000	15.000	15.000	15.000	14.000	13.000

Tabel 35 Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 6 (Juli 2021) dalam satuan rupiah

c_{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
112	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
113	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
114	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
121	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
122	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
123	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
124	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000

Tabel 36 Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 7 (Agustus 2021) dalam satuan rupiah

C_{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
112	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
113	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
114	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
121	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
122	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
123	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
124	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000

Tabel 37 Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 8 (September 2021) dalam satuan rupiah

C_{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
112	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
113	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
114	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
121	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
122	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
123	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000
124	22.000	22.000	16.000	15.000	18.000	18.000	14.000	13.000

Tabel 38 Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 9 (Oktober 2021) dalam satuan rupiah

c_{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
112	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
113	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
114	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
121	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
122	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
123	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
124	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000

Tabel 39 Ongkos ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia sambiloto per kg pada periode 10 (November 2021) dalam satuan rupiah

C_{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
112	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
113	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
114	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
121	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
122	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
123	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000
124	20.000	20.000	16.000	15.000	16.000	16.000	14.000	13.000

Data probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku r kualitas u pemasok s (P_{rus}) selama 10 periode (periode 1: Februari 2021 s.d. periode 10: November 2021) diolah/dikembangkan dari proporsi perolehan bahan baku utama simplisia selama kurun waktu 10 periode terakhir (Februari 2021 s.d. periode November 2021) seperti yang ditunjukkan pada Tabel 40. Data probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku r kualitas u pemasok s (P_{rus}) selama 10 periode (periode 1: Februari 2021 s.d. periode 10: November 2021) ditunjukkan pada Tabel 41 (periode 1: Februari 2021) hingga Tabel 50 (periode 10: November 2021) dengan keterangan sebagai berikut :

- $p_{111-111}$ = Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku dari bahan baku 1 kualitas 1 pemasok 1 ($rus=111$) ke bahan baku 1 kualitas 1 pemasok 1 pada periode berikutnya ($rus=111$).
- $p_{111-112}$ = Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku dari bahan baku 1 kualitas 1 pemasok 1 ($rus=111$) ke bahan baku 1 kualitas 1 pemasok 2 pada periode berikutnya ($rus=112$).
- $p_{111-113}$ = Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku dari bahan baku 1 kualitas 1 pemasok 1 ($rus=111$) ke bahan baku 1 kualitas 1 pemasok 3 pada periode berikutnya ($rus=113$).

.....*dst*

- $(p_{111-111} + p_{111-112} + p_{111-113} + \dots + p_{124-122} + p_{124-123} + p_{124-124}) = 1$

Dapat dilihat pada tabel 40 nilai proporsi perolehan bahan baku x_{111} periode 2 sebesar 81%. Proporsi 81% diperoleh dari perpindahan proporsi bahan baku dari x_{111} periode 1 sebesar 37%, x_{112} sebesar 40%, x_{114} sebesar 1%, dan x_{121} sebesar 3%. Nilai perpindahan proporsi dari periode 1 ke periode 2 tersebut menjadi dasar penentuan nilai probabilitas perpindahan/ketidakpastian preferensi pemilihan pemasok bahan baku yang dapat dilihat pada Tabel 42, yaitu nilai 37% (0,37) untuk nilai $p_{111-111}$, nilai 40% (0,40) untuk nilai $p_{112-111}$, nilai 1% (0,01) untuk nilai $p_{114-111}$, dan nilai 3% (0,03) untuk nilai $p_{121-111}$. Selanjutnya pola ketidakpastian/perubahan probabilitas preferensi pemasok bahan baku selama 10 periode dijadikan dasar dalam penentuan matriks probabilitas markov periode 1, kemudian dipangkat sebanyak nilai periode kedepan untuk memperoleh nilai peramalan probabilitas perubahan/ketidakpastian preferensi pemasok bahanb baku untuk 10 periode selanjutnya.

Tabel 40 Proporsi perolehan bahan baku utama simplisia selama kurun waktu 10 periode terakhir (Februari 2021 s.d. periode November 2021) dalam satuan persen

Periode → Bahan baku ↓	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
111	37	81	70	0	30	0	0	60	86	70
112	40	0	14	81	5	80	80	20	0	8
113	2	2	1	2	2	2	2	2	3	0
114	3	2	2	2	2	2	2	2	0	3
121	10	7	7	7	7	8	8	8	8	10
122	4	3	3	3	3	5	5	5	0	4
123	2	2	2	2	2	1,5	1,5	2	3	3
124	2	3	3	3	3	1,5	1,5	1	0	2

Tabel 46 Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 6 (Juli 2021)

P_{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	0	0,29	0	0	0,01	0	0	0
112	0	0,51	0	0	0	0	0	0
113	0	0	0,02	0	0	0	0	0
114	0	0	0	0,02	0	0	0	0
121		0	0	0	0,07	0	0	0
122	0	0	0	0	0	0,03	0	0
123	0	0	0	0	0	0,005	0,015	0
124	0	0	0	0	0	0,015	0	0,015

Tabel 47 Probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 7 (Agustus 2021)

P_{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	0,60	0,20	0	0	0	0	0	0
113	0	0	0,02	0	0	0	0	0
114	0	0	0	0,02	0	0	0	0
121	0	0	0	0	0,08	0	0	0
122	0	0	0	0	0	0,05	0	0
123	0	0	0	0	0	0	0,015	0
124	0	0	0	0	0	0	0,005	0,01

B) Tahap 2

Pada tahap 2 rantai pasok agroindustri herbal dilakukan proses produksi primer produk herbal primer yaitu kapsul sambiloto dengan menggunakan bahan baku utama simplisia sambiloto dan bahan baku tambahan lainnya. Untuk setiap 21kg bahan baku simplisia sambiloto yang diproses bersama dengan bahan baku tambahan lainnya akan menghasilkan 1.000 unit atau 1.000 botol kapsul sambiloto, di mana 1 botol berisi 60 kapsul, 1 kapsul berisi 500mg ekstrak sambiloto, dengan demikian $1 \text{ botol} = 500\text{mg} \times 60 \text{ kapsul} = 30\text{g}$ ekstrak sambiloto atau $1000 \text{ botol} = 30\text{g} \times 1000 \text{ botol} = 30\text{kg}$ ekstrak sambiloto. Dengan bahan baku sebanyak 30kg simplisia sambiloto dapat dihasilkan 1.000 botol / $0,03\text{kg} = 30\text{g}$ dengan rendemen 14%, sedangkan untuk besaran rendemen 20% diperlukan 21kg simplisia sambiloto. Dengan demikian dapat dikatakan untuk 1.000 botol kapsul sambiloto dibutuhkan kandungan rendemen bahan baku simplisia sambiloto sebanyak 4,2kg, dengan kata lain untuk 1 botol kapsul sambiloto dibutuhkan kandungan rendemen bahan baku simplisia sambiloto sebanyak 4,2g. Adapun rendemen yang dihasilkan dari proses bahan baku simplisia sambiloto menjadi ekstrak sambiloto adalah berkisar antara 14% hingga 20%, tergantung pada kondisi cuaca yang mempengaruhi kualitas bahan baku dan proses dengan standar redemen minimal 9,6% dan kadar susut 2% - 6% dengan standar susut maksimal 10%.

Limbah yang dihasilkan dari proses utama produk herbal utama kapsul herbal sambiloto adalah berupa sisa cairan campuran bahan baku simplisia sambiloto yang kemudian secara keseluruhan ditambah dengan produk *reverse* berupa kapsul herbal sambiloto (di mana 1 unit atau 1 botol kapsul produk herbal *reverse* adalah sama dengan $60 \times 500\text{mg} = 30.000 \text{ mg} = 30\text{g} = 0,03\text{kg}$ ekstrak sambiloto) akan dijadikan bahan baku pada proses produksi sekunder yaitu untuk pembuatan produk herbal sekunder pupuk cair bersama dengan tambahan bahan baku lainnya. Berat 1 unit produk herbal kapsul samboloto yang kembali dan menjadi bahan baku pupuk cair adalah $1 \times 60 \times 500\text{mg} = 30\text{g} = 0,03\text{kg}$ sedangkan untuk 1 unit produk pupuk cair yang kembali dan menjadi bahan baku pupuk padat memiliki berat 1 kg. Untuk menghasilkan 1.100 liter pupuk cair diperlukan bahan baku utama sambiloto sebanyak 37,5kg dengan rendemen 2,9%, dengan kata lain untuk menghasilkan 1 liter pupuk cair diperlukan kandungan rendemen sambiloto sebanyak 0,9886g. Adapun rendemen yang dihasilkan dari proses bahan baku sambiloto menjadi pupuk cair adalah berkisar antara 2,4% hingga 4,4 %, tergantung pada kondisi cuaca yang mempengaruhi kualitas bahan baku dan proses. Selanjutnya limbah yang dihasilkan dari proses produksi sekunder seluruhnya bersama bahan baku tambahan lainnya akan diproses pada proses produksi tersier untuk menghasilkan produk tersier berupa pupuk padat dengan kadar rendemen 50% s.d. 60% dan kadar susut 40% s.d. 50%. Untuk pembuatan 10kg (1 karung) pupuk padat dibutuhkan sebanyak 1,8kg limbah simplisia sambiloto dengan rendemen sebesar 60%, dengan kata lain untuk menghasilkan 10kg (1 karung) dibutuhkan kandungan

rendemen sambiloto sebanyak 1,08kg (atau 1.080g). Produk herbal sekunder yang dihasilkan berupa pupuk cair dikemas dalam kemasan botol 1liter (1 unit pupuk cair = 1 botol pupuk cair = 1lt pupuk cair) sedangkan produk tersier berupa pupuk padat dikemas dalam kemasan karung 10kg (1 unit pupuk padat = 1 karung pupuk padat). Jumlah produk herbal yang dihasilkan didasarkan pada jumlah permintaan produk herbal.

Pada tahap 2 rantai pasok agroindustri herbal dilakukan proses distribusi produk herbal dari pabrik menuju konsumen. Tabel 52 memperlihatkan jumlah produk herbal yang dihasilkan untuk memenuhi permintaan konsumen, jumlah bahan baku yang diproses baik dari pemasok maupun sisa proses produksi (limbah) beserta produk *reverse*/kembali pada 10 periode terakhir mulai dari periode 1 (Februari 2021) s.d. periode 10 (November 2021) berdasarkan pada data permintaan produk herbal seperti yang diperlihatkan pada Tabel 51. Pada kondisi ini terjadi pembuangan limbah sehingga menyebabkan terjadinya ongkos kesempatan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 53. Tabel 55 memperlihatkan jumlah produk herbal yang dihasilkan untuk memenuhi permintaan konsumen, jumlah bahan baku yang diproses baik dari pemasok maupun sisa proses produksi (limbah) beserta produk *reverse*/kembali pada 10 periode terakhir mulai dari periode 1 (Februari 2021) s.d. periode 10 (November 2021) berdasarkan pada pengembangan model dengan asumsi adanya pengembangan pemasaran sehingga permintaan pasar berkembang seperti yang ditunjukkan Tabel 54.

C) Tahap 3

Pada tahap 3 dilakukan distribusi produk herbal dari pabrik ke konsumen. Tabel 57 memperlihatkan ketidakpastian/perubahan ongkos transportasi produk herbal (c^{trans}) selama 10 periode terakhir meliputi : ongkos produk herbal n dari pabrik ke gudang produk herbal w (c_{nw}^{fg}), ongkos produk herbal n dari gudang produk herbal w ke konsumen c (c_{nwc}^{cust}), ongkos produk herbal n dari konsumen c ke gudang pengembalian produk r lanjut ke pabrik (c^{rev}) dengan skema distribusi seperti ditunjukkan pada Gambar 37 dan lokasi konsumen seperti ditunjukkan pada Tabel 56. Berdasarkan pada data historis dapat dilihat bahwa terdapat sisa limbah yang dibuang. Dengan memperhatikan permintaan potensial konsumen akan produk sekunder dan tersier perusahaan telah kehilangan kesempatan perolehan keuntungan melalui peningkatan nilai tambah dengan cara memproduksi baik produk sekunder maupun tersier dengan menggunakan bahan baku dari sisa hasil produksi baik dari produk primer maupun sekunder yaitu limbah maupun pengembalian produk (*reverse*) dari konsumen. Dalam pemodelan stokastik hibrid *fuzzy* multistahap rantai pasok agroindustri herbal ini dilakukan pengembangan model permintaan produk sehingga pelaku rantai pasok berkesempatan memperoleh keuntungan melalui peningkatan nilai tambah sisa produksi/limbah produk primer maupun sekunder menjadi produk primer maupun sekunder.

Tabel 51 Ketidakpastian/perubahan permintaan produk herbal oleh konsumen selama 10 periode terakhir dalam satuan unit

Periode (t =)	Produk herbal primer (h_{nc}^{prim})				Produk herbal sekunder (h_{nc}^{sec})			Produk herbal tersier (h_{nc}^{ter})		
	h_{11}^{prim}	h_{12}^{prim}	h_{13}^{prim}	Σh^{prim}	h_{24}^{sec}	h_{25}^{sec}	Σh^{sec}	h_{36}^{ter}	h_{37}^{ter}	Σh^{ter}
1	1.000	6.000	3.000	10.000	500	500	1.000	0	0	0
2	500	2.500	1.000	4.000	500	1.500	2.000	0	0	0
3	100	350	50	500	100	150	250	0	0	0
4	300	300	200	800	300	240	540	0	0	0
5	300	500	200	1.000	200	340	540	0	0	0
6	1500	500	2.000	4.000	1.000	1.000	2.000	0	0	0
7	7000	8.000	5.000	20.000	500	500	1.000	0	0	0
8	1000	2.000	1.000	4.000	1.000	1.000	2.000	0	0	0
9	150	500	350	1.000	190	350	540	0	0	0
10	350	750	400	1.500	300	510	810	0	0	0

Tabel 53 Biaya kesempatan pada setiap periode akibat peluang penjualan yang tidak ditindaklanjuti

Periode	Produk herbal	Kesempatan penjualan	Keuntungan yang hilang (Biaya kesempatan)
$t=$		(unit)	(Rp)
1	Sekunder	8.953	89.534.696
	Tersier	127	177.940
2	Sekunder	1.892	18.915.881
	Tersier	49	68.829
3	Sekunder	209	2.088.307
	Tersier	6	8.014
4	Sekunder	194	1.941.291
	Tersier	9	12.823
5	Sekunder	400	4.003.196
	Tersier	11	15.575
6	Sekunder	908	9.078.158
	Tersier	34	47.139
7	Sekunder	13.539	135.390.788
	Tersier	170	238.258
8	Sekunder	515	5.150.718
	Tersier	28	38.548
9	Sekunder	89	887.680
	Tersier	7	9.847
10	Sekunder	0	0
	Tersier	12	16.913
Total biaya kesempatan			267.624.602

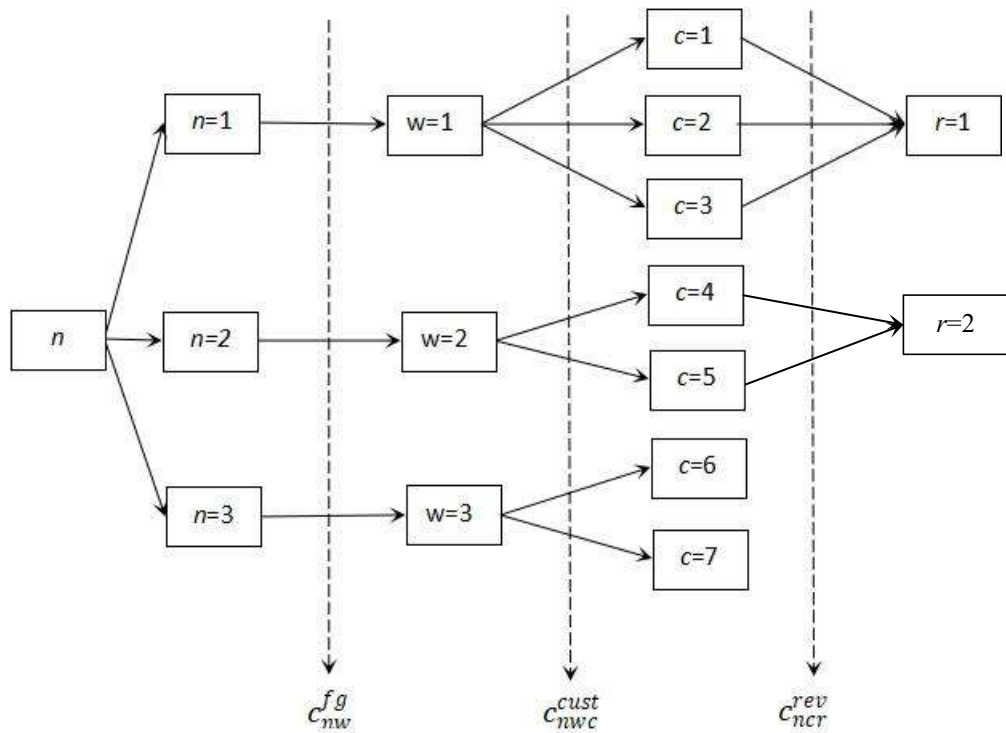
Tabel 54 Pengembangan model permintaan produk herbal oleh konsumen selama 10 periode terakhir dalam satuan unit

Periode ($t =$)	Produk herbal primer (h_{nc}^{prim})				Produk herbal sekunder (h_{nc}^{sec})			Produk herbal tersier (h_{nc}^{ter})		
	h_{11}^{prim}	h_{12}^{prim}	h_{13}^{prim}	Σh^{prim}	h_{24}^{sec}	h_{25}^{sec}	Σh^{sec}	h_{36}^{ter}	h_{37}^{ter}	Σh^{ter}
1	1.000	6.000	3.000	10.000	7.465	2.488	9.953	95	32	127
2	500	2.500	1.000	4.000	2.913	971	3.884	37	12	49
3	100	350	50	500	344	115	459	5	2	6
4	300	300	200	800	551	184	734	7	2	9
5	300	500	200	1.000	705	235	940	8	3	11
6	1500	500	2.000	4.000	2.181	727	2.908	26	9	34
7	7000	8.000	5.000	20.000	10.904	3.635	14.539	128	43	170
8	1000	2.000	1.000	4.000	1.886	629	2.515	21	7	28
9	150	500	350	1.000	472	157	629	5	2	7
10	350	750	400	1.500	608	203	810	9	3	12

Tabel 55 Pengembangan model jumlah bahan baku utama, limbah, produk akhir dan *reverse*

Produk ke- <i>n</i> Periode ke- <i>t</i>	Bahan baku utama dari pemasok	Bahan baku utama dari limbah &/ <i>reverse</i>	Keseluruhan bahan baku utama yang masuk	Probabilitas rendemen	Susut	Limbah	Kandungan rendemen produk akhir	Produk akhir	Produk <i>reverse</i>		
<i>t =</i>	<i>n =</i>	(g) (<i>x</i>)	(g) (<i>y=l'+r'</i>)	(g) (<i>R=x+y=s+l+h</i>)	(%) (<i>λ</i>)	(%) (<i>s</i>)	(g) (<i>l</i>)	(g) (<i>h=R.λ</i>)	(unit)	(unit) (<i>r</i>)	
1	1	300.000	0	300.000	14	4	12.000	246.000	42.000	10.000	0
	2	0	246.000	246.000	4	3	7.380	228.780	9.840	9.953	0
	3	0	228.780	228.780	60	40	91.512	0	137.268	127	0
2	1	120.000	0	120.000	14	6	7.200	96.000	16.800	4.000	43
	2	0	96.181	96.181	4	4	3.847	88.486	3.847	3.892	9
	3	0	88.495	88.495	60	40	35.398	0	53.097	49	0
3	1	14.000	0	14.000	15	4	560	11.340	2.100	500	0
	2	0	11.340	11.340	4	2	227	10.660	454	459	0
	3	0	10.660	10.660	58	42	0	4.477	6.183	6	0
4	1	22.400	0	22.400	15	4	896	18.144	3.360	800	0
	2	0	18.144	18.144	4	2	363	17.055	726	734	0
	3	0	17.055	17.055	58	42	7.163	0	9.892	9	0

	1	28.000	0	28.000	15	2	560	23.240	4.200	1.000	0
5	2	0	23.240	23.240	4	2	465	21.846	930	940	0
	3	0	21.846	21.846	55	45	9.831	0	12.015	11	0
	1	93.333	0	93.333	18	5	4.667	71.867	16.800	4.000	0
6	2	0	71.867	71.867	4	4	2.875	66.117	2.875	2.908	0
	3	0	66.117	66.117	55	45	29.753	0	36.365	34	0
	1	466.667	0	466.667	18	5	23.333	359.333	84.000	20.000	0
7	2	0	359.333	359.333	4	3	10.780	334.180	14.373	14.539	0
	3	0	334.180	334.180	55	45	150.38 1	0	183.799	170	0
	1	84.000	0	84.000	20	6	5.040	62.160	16.800	4.000	0
8	2	0	62.160	62.160	4	4	2.486	57.187	2.486	2.515	0
	3	0	57.187	57.187	52	48	27.450	0	29.737	28	0
	1	21.000	0	21.000	20	6	1.260	15.540	4.200	1.000	0
9	2	0	15.540	15.540	4	2	311	14.608	622	629	0
	3	0	14.608	14.608	52	48	7.012	0	7.596	7	0
	1	31.500	0	31.500	20	6	1.890	23.310	6.300	1.500	0
10	2	3.382	23.310	26.692	3	3	801	25.091	801	810	0
	3	0	25.091	25.091	52	48	12.044	0	13.047	12	0



Gambar 37 Skema distribusi produk herbal

Tabel 56 Lokasi konsumen produk herbal

Konsumen $c =$	Lokasi
1	Mangkunegaran, Solo
2	Kali Gawe, Semarang
3	Condong Catur, Jogja
4	Gemolong, Sragen
5	Pojok, Wonogiri
6	Sleman, Jogja
7	Eromoko, Wonogiri

Tabel 57 Ongkos transportasi produk n ke/dari gudang produk herbal w ke/dari konsumen c ke gudang produk *reverse* r dalam satuan rupiah per kg berat produk

t=	Ongkos transportasi produk herbal (c^{trans})																c^{trans}
	c_{nw}^{fg}				c_{nwc}^{cust}								c_{ncr}^{rev}				
	c_{11}^{fg}	c_{22}^{fg}	c_{33}^{fg}	Σc_{nw}^{fg}	c_{111}^{cust}	c_{112}^{cust}	c_{113}^{cust}	c_{224}^{cust}	c_{225}^{cust}	c_{236}^{cust}	c_{337}^{cust}	Σc_{nwc}^{cust}	c_{111}^{rev}	c_{121}^{rev}	c_{131}^{rev}	Σc_{ncr}^{rev}	
1	315	310	310	935	320	2.350	350	320	350	350	350	4.390	315	310	310	935	6.260
2	315	310	310	935	320	2.350	350	320	350	350	350	4.390	315	310	310	935	6.260
3	315	310	310	935	320	2.350	350	320	350	350	350	4.390	315	310	310	935	6.260
4	315	310	310	935	320	2.350	350	320	350	350	350	4.390	315	310	310	935	6.260
5	315	310	310	935	320	2.350	350	320	350	350	350	4.390	315	310	310	935	6.260
6	315	310	310	935	320	2.350	350	320	350	350	350	4.390	315	310	310	935	6.260
7	315	310	310	935	320	2.350	350	320	350	350	350	4.390	315	310	310	935	6.260
8	315	310	310	935	320	2.400	350	320	350	350	350	4.440	315	310	310	935	6.310
9	315	310	310	935	320	2.400	350	320	350	350	350	4.440	315	310	310	935	6.310
10	307	307	307	926	317	2.397	347	317	347	347	347	4.419	312	307	307	926	6.271

PENGOLAHAN DATA

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak NetBeans IDE 8.1. Pengolahan data diawali dengan menginputkan data (tahap 1,2, dan 3) lalu dilanjutkan dengan pengolahan data menggunakan bahasa pemrograman java untuk memperoleh keluaran data yang diinginkan. Keseluruhan input, pengolahan, dan keluaran data yang dimasukkan, diolah, dan dihasilkan dalam perangkat lunak NetBeans IDE 8.1 dapat dilihat pada Lampiran 10-27. Berikut ini adalah pengolahan data pada setiap tahapan pada rantai pasok multistahap agroindustri herbal.

Tahap 1

Pengolahan data pada model formulasi stokastik hibrid *fuzzy* multistahap agroindustri herbal tahap 1 diawali dengan identifikasi data input pada tahap 1 yang terdiri dari data historis selama 10 periode yang lalu yaitu probabilitas preferensi pemasok bahan baku, proporsi jumlah bahan baku, dan data kualitas limbah (diperoleh dari fungsi *recursive* dari tahap 2) dan *reverse* (diperoleh dari fungsi *recursive* tahap 3), kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data dengan metode peramalan rantai markov, distribusi, dan *fuzzy* menggunakan perangkat lunak NetBeans IDE 8.1. untuk memperoleh data keluaran berupa peramalan probabilitas preferensi pemasok bahan baku selama 10 periode yang akan datang, proporsi jumlah bahan baku beserta kualitasnya, serta total ongkos pengadaan bahan baku (total ongkos tahap 1). Keluaran data peramalan probabilitas preferensi pemasok bahan baku diperoleh dari pengolahan data historis probabilitas preferensi pemasok bahan baku yang diramalkan dengan menggunakan metode rantai markov. Keluaran data peramalan proporsi preferensi pemasok dalam hal jumlah bahan baku yang dibeli diperoleh dari pengolahan data historis proporsi preferensi pemasok dalam hal jumlah bahan baku yang dibeli yang diramalkan dengan menggunakan pengembangan distribusi data. Keluaran data peramalan preferensi pemasok dalam hal kualitas bahan baku diperoleh dengan cara melakukan fuzzifikasi data kualitas bahan baku yang diperoleh dari limbah (fungsi *recursive* dari tahap 2) maupun produk *reverse* (fungsi *recursive* dari tahap 3).

Pada tahap 1 ini juga dilakukan pengolahan data dengan metode *goal programming* dalam perangkat lunak NetBeans IDE 8.1 untuk simulasi perolehan data aktual preferensi pemasok dalam hal proporsi pembelian bahan baku berdasarkan pada jumlah permintaan dan ongkos ketidakpastian /perubahan bahan baku aktual di pasar (dalam hal ini data aktual ongkos dan permintaan diasumsikan sama dengan data peramalan permintaan yang telah dihasilkan pada pengolahan data sebelumnya). Data input yang dimasukkan untuk pengolahan data dengan metode fungsi tujuan (*goal programming*) terdiri dari data probabilitas perubahan/ketidakpastian preferensi pemasok bahan baku yang diperoleh berdasarkan pada hasil peramalan pada pengolahan data sebelumnya dan data permintaan aktual konsumen yang diturunkan menjadi jumlah bahan baku total yang dibutuhkan (dalam hal ini model dibatasi untuk 1 jenis bahan baku utama (R^r ; $r = 1$)) dan jumlah bahan baku yang digunakan yang bersumber dari limbah dan produk *reverse* (y^r ; $r = 1$) yang selanjutnya diolah dengan fungsi tujuan minimasi ongkos perubahan/ketidakpastian pengadaan bahan baku untuk memperoleh data keluaran berupa nilai proporsi jumlah bahan baku yang dibeli dari pemasok beserta kualitasnya yang

selanjutnya akan digunakan pada model kontrak sebagai bahan revisi kontrak adaptif.

Adapun formulasi fungsi tujuan beserta batasan yang digunakan pada model stokastik hibrid *fuzzy* multistage agroindustri herbal tahap 1 ini seperti yang telah disebutkan di subbab sebelumnya adalah sebagai berikut.

$$\text{Fungsi tujuan : } \text{Min. } C^{\text{supplier}} = \sum_{r=1}^R \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S (x_{rus} \cdot c_{rus} \cdot p_{rus})$$

Batasan :

$$\begin{aligned} &\triangleright x_{rus} \geq 0 \\ &\triangleright \left(\sum_{r=1}^R \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S x_{rus} \right) = Q' \\ &\triangleright \sum_{r=1}^R \sum_{u=1}^U \sum_{s=1}^S (\overline{q_{rus}}) \geq \tilde{Q}'' \\ &\triangleright x_{1us}^{\text{peas}} + x_{1us}^{\text{far}} + x_{1us}^{\text{col}} + x_{1us}^{\text{own}} = R^1 - y^1 \end{aligned}$$

Tahap 2

Pengolahan data pada model formulasi stokastik hibrid *fuzzy* multistage agroindustri herbal tahap 2 diawali dengan identifikasi data input pada tahap 2 yang terdiri dari data historis 10 periode yang lalu berupa data rendemen, produk *reverse*, ongkos produksi dan data peramalan perubahan/ketidakpastian ongkos produksi permintaan produk herbal oleh konsumen yang diperoleh dari fungsi *recursive* hasil pengolahan data pada tahap 3, kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data dengan metode peramalan distribusi untuk memperoleh data peramalan rendemen 10 periode yang akan datang dilanjutkan dengan peramalan kebutuhan bahan baku, jumlah limbah, dan produk akhir yang dihasilkan untuk 10 periode yang akan datang. Untuk meningkatkan efisiensi dan keuntungan, model permintaan konsumen dikembangkan untuk menghindari terjadinya biaya kesempatan akibat terbuangnya limbah yang sebenarnya dapat dilakukan penambahan nilai untuk meningkatkan efisiensi dan keuntungan perusahaan dengan cara menggunakannya sebagai bahan baku untuk produk sekunder dan tersier. Data input selanjutnya diolah dengan menggunakan perangkat lunak NetBeans IDE 8.1 untuk memperoleh data keluaran berupa peramalan kebutuhan jumlah bahan baku dari pemasok, bahan baku dari limbah maupun produk *reverse*, rendemen, jumlah produk yang dihasilkan meliputi produk herbal primer, sekunder, dan tersier, serta perkiraan total ongkos produksi (total ongkos tahap 2) selama 10 periode yang akan datang.

Perkiraan ongkos produksi hasil pengembangan model peramalan diperoleh dengan melakukan pendekatan perhitungan yaitu mengalikan perkiraan setiap jumlah produk herbal yang dihasilkan dengan perkiraan ongkos produksinya masing-masing. Perkiraan ongkos produksi pada tahap kedua ini dibatasi pada produk utama yaitu produk herbal kapsul *sambiloto* dengan ongkos produksi sebesar Rp.15.000,- per unit.

Tahap 3

Pengolahan data pada model formulasi stokastik hibrid *fuzzy* multistage agroindustri herbal tahap 2 diawali dengan identifikasi data input pada tahap 3 yang terdiri dari data historis 10 periode yang lalu berupa permintaan produk

herbal oleh konsumen yang kemudian dilakukan pengolahan data dengan metode peramalan distribusi menggunakan perangkat lunak NetBeans IDE 8.1 untuk memperoleh data keluaran berupa peramalan jumlah permintaan produk oleh konsumen meliputi produk herbal primer, sekunder, dan tersier selama 10 periode yang akan datang beserta ongkos transportasi/ distribusi (ongkos tahap 3). Untuk meningkatkan efisiensi menghindari munculnya biaya kesempatan, dilakukan pengembangan model peramalan permintaan produk herbal, selanjutnya dihitung perkiraan total ongkos distribusi dengan cara mengalikan jumlah produk yang dikirim berdasarkan pada perkiraan permintaan produk herbal oleh konsumen dengan ongkos transportasinya.

DATA KELUARAN

Data keluaran model formulasi stokastik hibrid *fuzzy* multistap agroindustri herbal sebagaimana yang telah disebutkan sebelumnya, secara terinci terdiri dari tiga tahapan sebagai berikut.

Tahap 1

Data hasil peramalan probabilitas perubahan/ketidakpastian preferensi pemasok bahan baku untuk 10 periode kedepan ditunjukkan pada Tabel 58 s.d. 67). Data hasil peramalan ongkos perubahan/ketidakpastian preferensi pemasok bahan baku untuk 10 periode kedepan ditunjukkan pada Tabel 68 s.d. 77). Tabel 78 memperlihatkan kategori bahan baku dari pemasok yang dibutuhkan berdasarkan pada ketersediaan jumlah dan kualitas bahan baku yang digunakan yang bersumber dari sisa produksi/limbah dan pengembalian produk. Tabel 79 memperlihatkan klasifikasi fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk jumlah limbah dan *reverse*. Tabel 80 memperlihatkan klasifikasi fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk kualitas limbah dan *reverse*. Data hasil proporsi kebutuhan/perolehan jumlah bahan baku dari pemasok yang didasarkan pada hasil defuzzifikasi kualitas bahan baku ditunjukkan pada Tabel 81. Tabel 82 s.d. 85 memperlihatkan perkiraan jumlah optimal bahan baku yang dibutuhkan/diperoleh dari pemasok berdasarkan pada fungsi tujuan minimasi ongkos ketidakpastian/perubahan preferensi bahan baku dan standar minimal kualitas yang harus dipenuhi yang diperoleh dari fungsi *recursive* fuzzifikasi tahap 2 (kuantitas dan kualitas ketersediaan bahan baku yang bersumber dari limbah dan *reverse*) beserta rincian perkiraan ongkos pengadaan bahan baku untuk 10 periode yang akan datang. Total ongkos pengadaan bahan baku (ongkos tahap 1) adalah sebesar Rp. 38.210.687,-

Tahap 2

Data hasil peramalan proses produksi tahap 2 meliputi rendemen, kebutuhan bahan baku, produk akhir herbal meliputi produk primer, sekunder, dan tersier beserta ongkos total produksi (ongkos total tahap 2) yang didasarkan pada peramalan permintaan produk herbal oleh konsumen selama 10 periode yang akan datang seperti yang ditunjukkan pada Tabel 91, ditunjukkan pada Tabel 86. Untuk meningkatkan keuntungan perusahaan dilakukan pengembangan model permintaan sehingga diperoleh hasil produksi seperti yang terlihat pada Tabel 87. Tabel 88 memperlihatkan pengembangan model peramalan permintaan untuk menghindari terjadinya biaya kesempatan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 89. Perkiraan total ongkos produksi

(ongkos tahap 2) adalah sebesar Rp.998.842.655,- dengan rincian seperti pada Tabel 90.

Tahap 3

Data keluaran tahap 3 meliputi data hasil peramalan permintaan produk herbal oleh konsumen, data hasil peramalan perubahan ongkos transportasi, dan total ongkos transportasi/distribusi. Data hasil peramalan permintaan produk herbal oleh konsumen meliputi produk primer, sekunder, dan tersier ditunjukkan pada Tabel 91. Tabel 92 menunjukkan data hasil peramalan ongkos transportasi/distribusi (tahap 3) per kg jenis produk per periode untuk 10 periode yang akan datang. Tabel 93 menunjukkan perkiraan ongkos transportasi/distribusi total untuk seluruh produk yang dikirim ke konsumen per periode selama 10 periode ke depan beserta total ongkos transportasi/distribusi (total ongkos tahap 3) yaitu sebesar Rp.31.231.902,-.

PENGGUNAAN PERANGKAT LUNAK

Salah satu tujuan dalam penelitian model formulasi stokastik *hybrid fuzzy* multistage agroindustri herbal ini yaitu menghasilkan model formulasi stokastik *hybrid fuzzy* multistage rantai pasok agroindustri herbal. Dalam mengimplementasikan model formulasi stokastik *hybrid fuzzy* multistage rantai pasok agroindustri herbal dapat digunakan berbagai alat bantu salah satunya dapat digunakan perangkat lunak NetBeans IDE 8.1 untuk menghasilkan keluaran nilai yang diinginkan. Sebagaimana dengan model formulasi stokastik *hybrid fuzzy* multistage rantai pasok balik agroindustri herbal yang dapat diterapkan pada agroindustri herbal multistage, multi produk, multi bahan baku, multi kualitas, dan multi parameter lainnya, perangkat lunak NetBeans IDE 8.1 juga dapat digunakan untuk mengoperasikan model formulasi sehingga dapat diperoleh keluaran data dan informasi terkait nilai dalam rantai pasok balik agroindustri herbal yang diinginkan yang memiliki karakteristik multistage, multi produk, multi bahan baku, multi kualitas, dan multi parameter lainnya. Tampilan hasil implementasi model formulasi stokastik *hybrid fuzzy* multistage rantai pasok balik agroindustri herbal mulai dari input hingga keluaran dapat dilihat pada lampiran.

Dengan menggunakan alat bantu perangkat lunak NetBeans IDE 8.1 pelaku rantai pasok dapat melakukan operasi secara terintegrasi dimulai dengan input/identifikasi faktor ketidakpastian yang ada, identifikasi pola distribusi, model fuzzy, fungsi tujuan hingga keluaran nilai rantai pasok yang diharapkan meliputi prediksi jumlah produksi, preferensi pemilihan pemasok, kuantitas dan kualitas penggunaan bahan baku, total ongkos pengadaan bahan baku, total ongkos produksi, dan total ongkos distribusi/transportasi.

Tabel 63 Peramalan probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 6 (Mei 2022)

P_{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	0	0,27	0	0	0,01	0	0	0
112	0	0,48	0	0	0	0	0	0
113	0	0	0,02	0	0	0	0	0
114	0	0	0	0,02	0	0	0	0
121		0	0	0	0,07	0	0	0
122	0	0	0	0	0	0,03	0	0
123	0	0	0	0	0	0,005	0,014	0
124	0	0	0	0	0	0,014	0	0,014

Tabel 64 Peramalan probabilitas ketidakpastian/perubahan perolehan bahan baku utama simplisia pada periode 7 (Juni 2022)

P _{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	0	0	0	0	0	0	0	0
112	0,60	0,20	0	0	0	0	0	0
113	0	0	0,02	0	0	0	0	0
114	0	0	0	0,02	0	0	0	0
121	0	0	0	0	0,08	0	0	0
122	0	0	0	0	0	0,05	0	0
123	0	0	0	0	0	0	0,015	0
124	0	0	0	0	0	0	0,005	0,01

Tabel 68 Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 1 (Desember 2021)

P _{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	18.500	18.500	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000
112	18.500	18.500	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000
113	18.500	18.500	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000
114	18.500	18.500	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000
121	18.500	18.500	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000
122	18.500	18.500	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000
123	18.500	18.500	15.000	14.000	15.500	15.000	13.000	12.000
124	18.500	18.500	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000

Tabel 69 Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 2 (Januari 2022)

P _{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.500
112	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.500	12.500
113	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.500	12.500
114	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.500	12.500
121	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.500	12.500
122	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.500	12.500
123	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.500	12.500
124	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.500	12.500

Tabel 70 Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 3 (Februari 2022)

P _{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
112	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
113	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
114	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
121	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
122	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
123	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
124	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000

Tabel 71 Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 4 (Maret 2022)

P _{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
112	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
113	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
114	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
121	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
122	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
123	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000
124	17.500	17.500	15.000	14.000	14.000	14.000	13.000	12.000

Tabel 72 Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 5 (April 2022)

P _{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	17.000	17.000	14.500	13.500	13.500	13.500	12.500	11.500
112	17.000	17.000	14.500	13.500	13.500	13.500	12.500	11.500
113	17.000	17.000	14.500	13.500	13.500	13.500	12.500	11.500
114	17.000	17.000	14.500	13.500	13.500	13.500	12.500	11.500
121	17.000	17.000	14.500	13.500	13.500	13.500	12.500	11.500
122	17.000	17.000	14.500	13.500	13.500	13.500	12.500	11.500
123	17.000	17.000	14.500	13.500	13.500	13.500	12.500	11.500
124	17.000	17.000	14.500	13.500	13.500	13.500	12.500	11.500

Tabel 73 Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 6 (Mei 2022)

P _{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	18.500	18.500	14.500	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
112	18.500	18.500	14.500	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
113	18.500	18.500	14.500	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
114	18.500	18.500	14.500	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
121	18.500	18.500	14.500	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
122	18.500	18.500	14.500	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
123	18.500	18.500	14.500	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
124	18.500	18.500	14.500	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000

Tabel 74 Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 7 (Juni 2022)

P _{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	20.500	20.500	15.000	14.000	17.000	17.000	13.000	12.000
112	20.500	20.500	15.000	14.000	17.000	17.000	13.000	12.000
113	20.500	20.500	15.000	14.000	17.000	17.000	13.000	12.000
114	20.500	20.500	15.000	14.000	17.000	17.000	13.000	12.000
121	20.500	20.500	15.000	14.000	17.000	17.000	13.000	12.000
122	20.500	20.500	15.000	14.000	17.000	17.000	13.000	12.000
123	20.500	20.500	15.000	14.000	17.000	17.000	13.000	12.000
124	20.500	20.500	15.000	14.000	17.000	17.000	13.000	12.000

Tabel 75 Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 8 (Juli 2022)

P _{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	20.000	20.000	14.500	14.000	16.500	16.500	13.000	12.000
112	20.000	20.000	14.500	14.000	16.500	16.500	13.000	12.000
113	20.000	20.000	14.500	14.000	16.500	16.500	13.000	12.000
114	20.000	20.000	14.500	14.000	16.500	16.500	13.000	12.000
121	20.000	20.000	14.500	14.000	16.500	16.500	13.000	12.000
122	20.000	20.000	14.500	14.000	16.500	16.500	13.000	12.000
123	20.000	20.000	14.500	14.000	16.500	16.500	13.000	12.000
124	20.000	20.000	14.500	14.000	16.500	16.500	13.000	12.000

Tabel 76 Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 9 (Agustus 2022)

P _{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000
112	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000
113	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000
114	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000
121	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000
122	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000
123	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000
124	19.000	19.000	15.000	14.000	15.000	15.000	13.000	12.000

Tabel 77 Peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama simplisia pada periode 10 (September 2022)

P _{rus}	111	112	113	114	121	122	123	124
111	18.500	18.500	14.000	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
112	18.500	18.500	14.000	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
113	18.500	18.500	14.000	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
114	18.500	18.500	14.000	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
121	18.500	18.500	14.000	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
122	18.500	18.500	14.000	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
123	18.500	18.500	14.000	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000
124	18.500	18.500	14.000	14.000	14.500	14.500	13.000	12.000

Tabel 78 Kategori bahan baku, limbah, dan pengembalian produk herbal sambiloto

Kuantitas	Kualitas			
	Baik sekali A	Baik B	Sedang C	Kurang D
sedikit	-	-	Baik	Baik sekali
sedang	-	-	Baik	Baik sekali
banyak	-	-	Baik	Baik sekali

Tabel 79 Nilai kuantitas limbah dan pengembalian produk herbal sambiloto

Kuantitas limbah &/reverse	
sedikit	0-40%
sedang	30%-70%
banyak	65%-100%

Tabel 80 Nilai kualitas bahan baku, limbah dan pengembalian produk herbal sambiloto

Kualitas limbah &/reverse	
A	80-100
B	70-85
C	60-75
D	0-62

Tabel 81 Perkiraan kebutuhan kualitas bahan baku simplisia sambiloto hasil fungsi *recursive* defuzzifikasi tahap 2 dan 3

Periode	Jenis produk	Bahan baku dari limbah &/reverse			Bahan baku dari pemasok			
		Kuantitas		Kualitas	Kuantitas		Kualitas	
$t=$	$n=$	(g)	(%)	D/E	(g)	(%)	A (g)	B (g)
1	1	0	0	D	276.000	100	276.000	0
	2	226.320	100	D	0	0	0	0
	3	210.478	68	E	98.578	32	28.264	70.314
2	1	0	0	D	110.400	100	110.400	0
	2	88.484	100	D	0	0	0	0
	3	81.414	67	E	39.417	33	11.636	27.781
3	1	0	0	D	12.880	100	12.880	0
	2	10.433	100	D	0	0	0	0
	3	9.807	67	E	4.899	33	1.004	3.895
4	1	0	0	D	20.608	100	20.608	0
	2	16.692	100	D	0	0	0	0
	3	15.691	67	E	7.839	33	2.057	5.782
5	1	0	0	D	25.760	100	25.760	0
	2	21.381	100	D	0	0	0	0
	3	20.098	63	E	11.573	37	3.230	8.343
6	1	0	0	D	85.867	100	85.867	0
	2	66.117	100	E	0	0	0	0
	3	60.828	31	D	135.050	69	39.333	95.717
7	1	0	0	D	429.380	100	429.380	0
	2	330.623	100	E	0	0	0	0
	3	307.479	31	D	672.019	69	198.351	473.668
8	1	0	0	D	77.280	100	77.280	0
	2	57.187	100	E	0	0	0	0
	3	52.612	30	D	122.754	70	31.536	91.218
9	1	0	0	D	19.320	100	19.320	0
	2	14.297	100	E	0	0	0	0
	3	13.439	31	D	30.403	69	7.416	22.987
10	1	0	0	D	28.980	100	28.980	0
	2	22.025	100	E	0	0	0	0
	3	20.924	31	D	46.616	69	12.134	34.482

Tabel 82 Perkiraan jumlah optimal dan ongkos pengadaan bahan baku A dan B dari pemasok 1 untuk 10 periode

Ongkos pengadaan Bahan Baku dari Pemasok 1				
Periode $t=$	Kualitas Bahan Baku (A dan B)	Total bahan baku kualitas (A dan B) (g)	Ongkos pengadaan bahan baku kualitas (A dan B) (Rp/kg)	Total Ongkos pengadaan (Rp)
1	A	152.132	18.000	2.738.378
	B	35.157	14.500	509.775
2	A	61.018	18.000	1.098.320
	B	13.891	14.500	201.415
3	A	6.942	17.500	121.481
	B	1.948	13.500	26.294
4	A	11.332	17.500	198.315
	B	2.891	13.500	39.031
5	A	14.495	17.500	253.662
	B	4.172	13.500	56.316
6	A	62.600	18.000	1.126.801
	B	47.858	14.500	693.947
7	A	313.866	20.000	6.277.314
	B	236.834	16.500	3.907.757
8	A	54.408	20.000	1.088.160
	B	45.609	16.500	752.549
9	A	13.368	18.000	240.622
	B	11.494	14.500	166.657
10	A	20.557	18.000	370.030
	B	17.241	14.500	249.991
Total Ongkos Pengadaan Bahan Baku dari Pemasok 1			Kualitas	
			A	13.513.085
Total Ongkos Pengadaan Bahan Baku dari Pemasok 1			B	6.603.732

Tabel 83 Perkiraan jumlah optimal dan ongkos pengadaan bahan baku A dan B dari pemasok 2 untuk 10 periode

Ongkos pengadaan Bahan Baku dari Pemasok 2				
Periode	Kualitas Bahan Baku	Total bahan baku kualitas (A dan B) (g)	Ongkos pengadaan bahan baku kualitas (A dan B) (Rp/g)	Total Ongkos pengadaan (Rp)
$t=$	(A dan B)	(g)	(Rp/g)	(Rp)
1	A	91.279	18.000	1.643.027
	B	21.094	14.500	305.865
2	A	36.611	18.000	658.992
	B	8.334	14.500	120.849
3	A	4.165	17.500	72.889
	B	1.169	13.500	15.776
4	A	6.799	17.500	118.989
	B	1.735	13.500	23.419
5	A	8.697	17.500	152.197
	B	2.503	13.500	33.789
6	A	37.560	18.000	676.081
	B	28.715	14.500	416.368
7	A	188.319	20.000	3.766.389
	B	142.100	16.500	2.344.654
8	A	32.645	20.000	652.896
	B	27.365	16.500	451.529
9	A	8.021	18.000	144.373
	B	6.896	14.500	99.994
10	A	12.334	18.000	222.018
	B	10.344	14.500	149.995
Total Ongkos Pengadaan Bahan Baku dari Pemasok 2			Kualitas	
			A	8.107.851
			B	3.962.239

Tabel 84 Perkiraan jumlah optimal dan ongkos pengadaan bahan baku A dan B dari pemasok 3 untuk 10 periode

Ongkos pengadaan Bahan Baku dari Pemasok 3				
Periode $t=$	Kualitas Bahan Baku (A dan B)	Total bahan baku kualitas (A dan B) (g)	Ongkos pengadaan bahan baku kualitas (A dan B) (Rp/g)	Total Ongkos pengadaan (Rp)
1	A	30.426	14.500	441.183
	B	7.031	12.500	87.892
2	A	12.204	14.500	176.952
	B	2.778	12.500	34.727
3	A	1.388	14.500	20.131
	B	390	12.500	4.869
4	A	2.266	14.500	32.864
	B	578	12.500	7.228
5	A	2.899	14.500	42.035
	B	834	12.500	10.429
6	A	12.520	14.500	181.540
	B	9.572	12.500	119.646
7	A	62.773	14.500	910.211
	B	47.367	12.500	592.084
8	A	10.882	14.500	157.783
	B	9.122	12.500	114.023
9	A	2.674	14.500	38.767
	B	2.299	12.500	28.734
10	A	4.111	14.500	59.616
	B	3.448	12.500	43.102
Total Ongkos Pengadaan Bahan Baku dari Pemasok 3			Kualitas	
			A	2.061.082
Total Ongkos Pengadaan Bahan Baku dari Pemasok 3			B	1.042.734

Tabel 85 Perkiraan jumlah optimal dan (total) ongkos pengadaan bahan baku A dan B dari pemasok 4 untuk 10 periode

Ongkos pengadaan Bahan Baku dari Pemasok 4				
Periode	Kualitas Bahan Baku (A dan B)	Total bahan baku kualitas (A dan B) (g)	Ongkos pengadaan bahan baku kualitas (A dan B) (Rp/g)	Total Ongkos pengadaan (Rp)
$t=$		(g)	(Rp/g)	(Rp)
1	A	30.426	13.500	410.757
	B	7.031	12.000	84.376
2	A	12.204	13.500	164.748
	B	2.778	12.000	33.338
3	A	1.388	13.500	18.743
	B	390	12.000	4.674
4	A	2.266	13.500	30.597
	B	578	12.000	6.939
5	A	2.899	13.500	39.136
	B	834	12.000	10.012
6	A	12.520	13.500	169.020
	B	9.572	12.000	114.860
7	A	62.773	13.500	847.437
	B	47.367	12.000	568.401
8	A	10.882	13.500	146.902
	B	9.122	12.000	109.462
9	A	2.674	13.500	36.093
	B	2.299	12.000	27.585
10	A	4.111	13.500	55.504
	B	3.448	12.000	41.378
Total Ongkos Pengadaan Bahan Baku dari Pemasok 4			Kualitas	
			A	1.918.938
Total Ongkos Pengadaan Bahan Baku dari Pemasok 1-4			B	1.001.025
			38.210.687	

Tabel 87 Pengembangan model peramalan jumlah bahan baku utama, limbah, produk akhir dan *reverse*

Produk ke- n	Periode ke-t	Bahan baku utama dari pemasok	Bahan baku utama dari limbah & <i>reverse</i>	Keseluruhan bahan baku utama yang masuk	Probabilitas rendemen		Susut	Limbah	Kandungan rendemen produk akhir	Produk akhir	Produk <i>reverse</i>
		(g)	(g)	(g)	(%)	(%)	(g)	(g)	(g)	(unit)	(unit)
t =	n =	(x)	(y=l'+r')	(R=x+y=s+l+h)	(λ)		(s)	(l)	(h=R.λ)		(r)
1	1	276.000	0	276.000	14	4	11.040	226.320	38.640	9.200	0
	2	0	226.320	226.320	4	3	6789,6	210.478	9.053	9.157	0
	3	98.578	210.478	309.055	64	36	111259,8827	0	197.795	183	0
2	1	110.400	0	110.400	14	6	6.624	88.320	15.456	3.680	39
	2	0	88.484	88.484	4	4	3539,352	81.405	3.539	3.580	9
	3	39.417	81.414	120.831	64	36	43499,01558	0	77.332	72	0
3	1	12.880	0	12.880	15	4	515	10.433	1.932	460	0
	2	0	10.433	10.433	4	2	208,656	9.807	417	422	0
	3	4.899	9.807	14.706	62	38	5588,379944	0	9.118	8	0
4	1	20.608	0	20.608	15	4	824	16.692	3.091	736	0
	2	0	16.692	16.692	4	2	333,8496	15.691	668	675	0
	3	7.839	15.691	23.530	62	38	8941,407911	0	14.589	14	0

	1	25.760	0	25.760	15	2	515	21.381	3.864	920	0
5	2	0	21.381	21.381	4	2	427,616	20.098	855	865	0
	3	11.573	20.098	31.671	59	41	12985,20865	0	18.686	17	0
	1	85.867	0	85.867	18	5	4.293	66.117	15.456	3.680	0
6	2	0	66.117	66.117	4	4	2644,693333	60.828	2.645	2.675	0
	3	135.050	60.828	195.878	59	41	80310,12581	0	115.568	107	0
	1	429.380	0	429.380	18	5	21.469	330.623	77.288	18.402	0
7	2	0	330.623	330.623	4	3	9918,678	307.479	13.225	13.377	0
	3	672.019	307.479	979.498	59	41	401594,2758	0	577.904	535	0
	1	77.280	0	77.280	20	6	4.637	57.187	15.456	3.680	0
8	2	0	57.187	57.187	4	4	2287,488	52.612	2.287	2.314	0
	3	122.754	52.612	175.367	57	43	75407,6775	0	99.959	93	0
	1	19.320	0	19.320	20	6	1.159	14.297	3.864	920	0
9	2	0	14.297	14.297	4	2	285,936	13.439	572	578	0
	3	30.403	13.439	43.842	57	43	18851,91938	0	24.990	23	0
	1	28.980	0	28.980	20	4	1.159	22.025	5.796	1.380	0
10	2	0	22.025	22.025	4	1	220,248	20.924	881	891	0
	3	46.616	20.924	67.540	57	43	29042,14607	0	38.498	36	0

Tabel 88 Hasil peramalan pengembangan model permintaan produk herbal oleh konsumen dalam satuan unit

Periode ($t =$)	Produk herbal primer (unit) (h_{nc}^{prim})				Produk herbal sekunder (unit) (h_{nc}^{sec})			Produk herbal tersier (unit) (h_{nc}^{ter})		
	h_{11}^{prim}	h_{12}^{prim}	h_{13}^{prim}	Σh^{prim}	h_{24}^{sec}	h_{25}^{sec}	Σh^{sec}	h_{36}^{ter}	h_{37}^{ter}	Σh^{ter}
1	920	5.520	2.760	9.200	7.465	2.488	9.157	137	46	183
2	460	2.300	920	3.680	2.913	971	3.580	54	18	72
3	92	322	46	460	344	115	422	6	2	8
4	276	276	184	736	551	184	675	10	3	14
5	276	460	184	920	705	235	865	13	4	17
6	1.380	460	1.840	3.680	2.181	727	2.675	80	27	107
7	6.441	7.361	4.600	18.402	10.904	3.635	13.377	401	134	535
8	920	1.840	920	3.680	1.886	629	2.314	69	23	93
9	138	460	322	920	472	157	578	17	6	23
10	322	690	368	1.380	608	203	891	27	9	36

Tabel 89 Perkiraan biaya kesempatan yang timbul bila tanpa pengembangan model permintaan produk herbal oleh konsumen

Periode	Produk herbal	Kesempatan penjualan	Keuntungan yang hilang (Biaya kesempatan)
$t=$		(unit)	(Rp)
1	Sekunder	8.192	81.921.920
	Tersier	183	256.401
2	Sekunder	1.650	16.501.659
	Tersier	72	100.245
3	Sekunder	181	1.811.242
	Tersier	8	11.819
4	Sekunder	154	1.543.987
	Tersier	14	18.911
5	Sekunder	344	3.440.941
	Tersier	17	24.223
6	Sekunder	745	7.451.905
	Tersier	107	149.811
7	Sekunder	12.412	124.124.064
	Tersier	535	749.135
8	Sekunder	384	3.838.661
	Tersier	93	129.577
9	Sekunder	57	574.665
	Tersier	23	32.394
10	Sekunder	109	1.091.511
	Tersier	36	49.904
Total biaya kesempatan			243.822.975

Tabel 90 Perkiraan ongkos produksi (ongkos tahap 2) 10 periode yang akan datang

Periode	Jenis produk	Jumlah produk yang dihasilkan	Ongkos produksi per unit	Total ongkos produksi
$t=$		(unit)	(Rp)	(Rp)
1	Primer	9.200	15.000	138.000.000
	Sekunder	9.157	10.000	91.571.920
	Tersier	183	7.000	1.282.007
2	Primer	3.680	15.000	55.200.000
	Sekunder	3.580	10.000	35.801.659
	Tersier	72	7.000	501.223
3	Primer	460	15.000	6.900.000
	Sekunder	422	10.000	4.221.242
	Tersier	8	7.000	59.097
4	Primer	736	15.000	11.040.000
	Sekunder	675	10.000	6.753.987
	Tersier	14	7.000	94.556
5	Primer	920	15.000	13.800.000
	Sekunder	865	10.000	8.650.941
	Tersier	17	7.000	121.113
6	Primer	3.680	15.000	55.200.000
	Sekunder	2.675	10.000	26.751.905
	Tersier	107	7.000	749.053
7	Primer	18.402	15.000	276.030.000
	Sekunder	13.377	10.000	133.774.064
	Tersier	535	7.000	3.745.674
8	Primer	3.680	15.000	55.200.000
	Sekunder	2.314	10.000	23.138.661
	Tersier	93	7.000	647.883
9	Primer	920	15.000	13.800.000
	Sekunder	578	10.000	5.784.665
	Tersier	23	7.000	161.971
10	Primer	1.380	15.000	20.700.000
	Sekunder	891	10.000	8.911.511
	Tersier	36	7.000	249.522
Total ongkos tahap 2				998.842.654

Tabel 91 Peramalan permintaan produk herbal oleh konsumen selama 10 periode yang akan datang dalam satuan unit

Periode ($t =$)	Produk herbal primer (h_{nc}^{prim})				Produk herbal sekunder (h_{nc}^{sec})			Produk herbal tersier (h_{nc}^{ter})		
	h_{11}^{prim}	h_{12}^{prim}	h_{13}^{prim}	Σh^{prim}	h_{24}^{sec}	h_{25}^{sec}	Σh^{sec}	h_{36}^{ter}	h_{37}^{ter}	Σh^{ter}
1	920	5.520	2.760	9.200	483	482	965	0	0	0
2	460	2.300	920	3.680	482	1.448	1.930	0	0	0
3	92	322	46	460	96	145	241	0	0	0
4	276	276	184	736	289	232	521	0	0	0
5	276	460	184	920	193	328	521	0	0	0
6	1.380	460	1.840	3.680	965	965	1.930	0	0	0
7	6.441	7.361	4.600	18.402	483	482	965	0	0	0
8	920	1.840	920	3.680	965	965	1.930	0	0	0
9	138	460	322	920	183	338	521	0	0	0
10	322	690	368	1.380	290	492	782	0	0	0

Tabel 92 Hasil peramalan ongkos transportasi produk n ke/dari gudang produk herbal w ke/dari konsumen c ke gudang produk *reverse* r dalam satuan rupiah per kg berat produk

Ongkos transportasi per unit produk herbal (c^{trans})																	
t=	c_{nw}^{fg}				c_{nwc}^{cust}								c_{ncr}^{rev}				c^{trans}
	c_{11}^{fg}	c_{22}^{fg}	c_{33}^{fg}	Σc_{nw}^{fg}	c_{111}^{cust}	c_{112}^{cust}	c_{113}^{cust}	c_{224}^{cust}	c_{225}^{cust}	c_{336}^{cust}	c_{337}^{cust}	Σc_{nwc}^{cust}	c_{111}^{rev}	c_{121}^{rev}	c_{131}^{rev}	Σc_{ncr}^{rev}	
1	306	301	301	909	311	2284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	909	6.086
2	306	301	301	909	311	2284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	909	6.086
3	306	301	301	909	311	2284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	909	6.086
4	306	301	301	909	311	2284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	909	6.086
5	306	301	301	909	311	2284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	909	6.086
6	306	301	301	909	311	2284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	909	6.086
7	306	301	301	909	311	2284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	909	6.086
8	306	301	301	909	311	2333	340	311	340	340	340	4.316	306	301	301	909	6.135
9	306	301	301	909	311	2333	340	311	340	340	340	4.316	306	301	301	909	6.135
10	298	298	298	900	308	2330	337	308	337	337	337	4.296	303	298	298	900	6.097

Tabel 93 Perkiraan total ongkos transportasi/distribusi (total ongkos tahap 3) 10 periode yang akan datang dari pengembangan ramalan permintaan konsumen

Periode	Total ongkos transportasi (Rp)
1	7.597.231
2	2.980.806
3	354.866
4	553.597
5	714.870
6	2.513.567
7	12.863.924
8	2.270.679
9	567.829
10	814.532
Total ongkos tahap 3 = Rp.31.231.902,-	

Dalam model formulasi stokastik *hybrid fuzzy* multistage rantai pasok balik agroindustri herbal diakomodir berbagai bentuk ketidakpastian antara lain ketidakpastian stokastik, ketidakpastian *fuzzy*, maupun ketidakpastian siklus markov yang mencakup parameter yang ada baik di pihak pemasok, pabrikan, distributor, maupun konsumen sehingga diperoleh hasil nilai optimasi yang bersifat andal yaitu berupa hasil peramalan nilai-nilai pengambilan keputusan baik di pihak pemasok berupa kebutuhan kuantitas dan kualitas bahan baku, pabrikan berupa jumlah produk herbal yang dihasilkan beserta nilai rendemen, susut, maupun kuantitas dan kualitas limbah yang dihasilkan, distributor berupa kuantitas dan kualitas permintaan, maupun konsumen berupa kuantitas dan kualitas produk yang diminta maupun yang dikembalikan..

6.1.3 Model kontrak adaptif

Model kontrak adaptif adalah model kontrak sebagai tindak lanjut dari model formulasi stokastik hibrid *fuzzy* multistage agroindustri herbal. Desain kontrak berada pada 3 tahapan siklus yaitu 1) Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi permintaan; 2) Membuat atau membeli, bila membeli maka bagaimana strategi penetapan sumber bahan baku; 3) Proses penetapan sumber bahan baku dan penawaran kontrak; Pada tahap identifikasi kebutuhan dan spesifikasi permintaan hasil peramalan yang dihasilkan dari model formulasi stokastik hibrid *fuzzy* multistage agroindustri herbal dijadikan dasar dalam menentukan perkiraan besaran jumlah produk yang akan dimasukkan ke dalam dalam kontrak. Pada tahap membuat atau membeli, bila membeli maka bagaimana strategi penetapan sumber bahan baku, kontrak dibatasi pada keputusan membuat dengan asumsi pabrikan mampu memproduksi sendiri untuk memenuhi permintaan konsumen. Pada tahap penetapan sumber bahan baku dan penawaran kontrak kontrak dibatasi pada pemasok utama sebagai sumber pengadaan bahan baku. Dalam kontrak adaptif revisi kontrak akan dilakukan apabila terjadi ketidaksesuaian antara ramalan dengan data aktual di lapangan. Jumlah bahan baku yang dibeli dari pemasok dalam kontrak akan direvisi berdasarkan pada input data yaitu jumlah permintaan aktual yang terjadi di lapangan serta hasil nilai peramalan probabilitas ketidakpastian

/perubahan preferensi bahan baku dari pemasok. Nilai revisi jumlah bahan baku yang dibeli dari pemasok dalam kontrak diperoleh dari hasil pengolahan data input dengan menggunakan metode *goal programming* (pemrograman fungsi tujuan) untuk memperoleh ongkos ketidakpastian/perubahan preferensi bahan baku minimal.

Tabel 94 adalah variabel kontrak awal untuk rantai pasok tahap 1 yaitu antara pemasok dan pabrikan/agroindustri herbal, Tabel 95 adalah variabel kontrak awal untuk rantai pasok tahap 2 yaitu antara pabrikan/agroindustri herbal dengan distributor, dan Tabel 96 adalah variabel kontrak awal untuk rantai pasok tahap 3 yaitu antara distributor dengan konsumen. Data dibuat dengan asumsi realisasi sama dengan prediksi hasil model stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal. Tabel 97 adalah hasil revisi variabel kontrak tahap satu sedangkan, Tabel 98 adalah hasil revisi variabel kontrak tahap dua, dan Tabel 99 adalah hasil revisi variabel kontrak tahap 3 berdasarkan data aktual yang diasumsikan terdapat koreksi yaitu penurunan permintaan konsumen, ongkos produksi, dan harga jual sebesar 10%, sehingga terjadi *buyback* produk dari pelaku rantai pasok ke- $i+1$ oleh pelaku rantai pasok ke- i .

Dalam hal faktor cuaca dapat menghambat kelancaran dari pasokan bahan baku maupun produk hal tersebut dapat diantisipasi melalui berbagai cara di antaranya adalah dengan memperkirakan kondisi terburuk dari cuaca yang akan dihadapi. Dengan mengetahui perkiraan kondisi terburuk dari cuaca yang dihadapi dapat disiapkan berbagai hal untuk mengantisipasi risiko kegagalan panen dengan melakukan berbagai inovasi. Inovasi yang dilakukan tentunya berdampak kepada peningkatan ongkos. Melalui kontrak adaptif di mana perubahan ongkos dapat dilakukan dengan cara merevisi/menyesuaikan besaran ongkos riil di lapangan dengan tingkat perubahan ongkos maksimal yang disepakati di awal kontrak diharapkan suplai bahan baku/produk tetap berjalan sesuai dengan yang diharapkan.

Dalam mengimplementasikan kontrak adaptif rantai pasok agroindustri herbal dalam multiparameter ketidakpastian perlu dilakukan peninjauan di antara agroindustri herbal melalui *branchstorming* maupun *Focus Group Discussion (FGD)* untuk mengetahui minat dan kesediaan agroindustri herbal dalam mengimplementasikan model kontrak adaptif dalam multiparameter ketidakpastian. Peninjauan kesiapan meliputi dalam hal kesediaan memberikan informasi secara terbuka kesiapan produksi dari masing-masing pelaku rantai pasok dan kesiapan dalam melakukan komitmen terhadap klausul kontrak yang ditawarkan. Dengan adanya keterbukaan informasi/*symmetric information* di antara pelaku rantai pasok yang terlibat dalam kontrak maka kolaborasi dapat dilakukan dengan tingkat risiko yang dapat diketahui bersama sehingga konsekuensi yang dihadapi dapat diterima secara terbuka. Dengan demikian pula ketidakadilan pada salah satu atau beberapa pelaku rantai pasok yang terikat dalam kontrak dapat dihindari. Melalui kontrak adaptif multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal dalam multiparameter ketidakpastian permasalahan efisiensi dapat dipecahkan dengan cukup signifikan melalui pengambilan keputusan yang andal dalam sistem kolaborasi yang terintegrasi dan berkeadilan sehingga diperoleh kinerja rantai pasok agroindustri herbal yang lebih stabil dan berdaya saing.

Tabel 94 Variabel kontrak adaptif awal tahap 1

Periode	Pemasok - Pabrik (s=1; r=1; u=1)							
	Ongkos produksi	Peluang panen 100%	Ongkos pengadaan dengan peluang panen 100% sebesar θ	Harga jual = Harga pasar	Jumlah bahan baku yang sepatat dibeli	Jumlah pembayaran	Jumlah keuntungan	Jumlah penalti
	c^{pro}	θ_1	C_1	HPS1	$q_1=D_1=y_1$	X_1	Π_1	p_1
$t=$	Rp/g	%	Rp/g	Rp/g	g	Rp	Rp	Rp/g
1	12	100	12	18	152.132	2.738.376	912.792	12.000
2	12	100	12	18	61.018	1.098.324	366.108	12.000
3	12	100	12	17,5	6.942	121.485	38.181	12.000
4	12	100	12	17,5	11.332	198.310	62.326	12.000
5	12	100	12	17,5	14.495	253.663	79.723	12.000
6	12	100	12	18	62.600	1.126.800	375.600	12.000
7	14	100	12	20	313.866	6.277.320	2.510.928	12.000
8	14	100	12	20	54.408	1.088.160	435.264	12.000
9	12	100	12	18	13.368	240.624	80.208	12.000
10	12	100	12	18	20.557	370.026	123.342	12.000

Tabel 95 Variabel kontrak adaptif awal tahap 2

Pabrikan - Distributor (n=1)													
Periode	Ongkos pengadaan bahan baku	Ongkos proses		Ongkos produksi		Peluang panen 100%	Ongkos pengadaan dengan peluang panen 100% sebesar θ	Harga jual = Harga pasar	Jumlah unit kapsul herbal yang sepakat dibeli		Jumlah pembayaran	Jumlah keuntungan	Jumlah penalti
	c^{bb}	c^{pro}		c3		θ_3	C3	HPS1	q2=D2=y2		X3	Π_3	p3
t =	Rp/unit	Rp/kg	Rp/unit	Rp/kg	Rp/unit	%	Rp/unit	Rp/unit	g	unit	Rp	Rp	Rp/unit
1	527	440.754	13.223	458.333	13.750	100	13.750	27.500	276.000	9.200	253.000.000	126.500.000	13.750
2	528	440.738	13.222	458.333	13.750	100	13.750	27.500	110.400	3.680	101.200.000	50.600.000	13.750
3	479	442.358	13.271	458.333	13.750	100	13.750	27.500	13.800	460	12.650.000	6.325.000	13.750
4	480	442.317	13.270	458.333	13.750	100	13.750	27.500	22.080	736	20.240.000	10.120.000	13.750
5	482	442.279	13.268	458.333	13.750	100	13.750	27.500	27.600	920	25.300.000	12.650.000	13.750
6	420	444.333	13.330	458.333	13.750	100	13.750	27.500	110.400	3.680	101.200.000	50.600.000	13.750
7	467	442.778	13.283	458.333	13.750	100	13.750	27.500	552.060	18.402	506.055.000	253.027.500	13.750
8	420	444.333	13.330	458.333	13.750	100	13.750	27.500	110.400	3.680	101.200.000	50.600.000	13.750
9	378	445.733	13.372	458.333	13.750	100	13.750	27.500	27.600	920	25.300.000	12.650.000	13.750
10	378	445.733	13.372	458.333	13.750	100	13.750	27.500	41.400	1.380	37.950.000	18.975.000	13.750

Tabel 96 Variabel kontrak adaptif awal tahap 3

Periode	Distributor - Konsumen (c=1)																
	Ongkos produksi	Ongkos transportasi		Ongkos pengadaan	Peluang panen 100%	Ongkos pengadaan dengan peluang panen 100% sebesar θ		Harga jual = Harga pasar	Jumlah unit kapsul herbal yang sepakat dibeli		Jumlah pembayaran	Jumlah keuntungan	Jumlah penalti				
		c^{pro}	c^{trans}			$c3$	$\theta3$		$C3$	HPS3				$q3=D3=y3$	$X3$	$\Pi3$	$p3$
		Rp/unit	Rp/kg			Rp/unit	Rp/unit		Rp/total unit	%				Rp/unit	Rp/unit	g	unit
1	27.500	311	9	27.509	25.308.584	100	27.509	35.000	27.600	920	32.200.000	6.891.416	27.509				
2	27.500	311	9	27.509	12.654.292	100	27.509	35.001	13.800	460	16.100.460	3.446.168	27.509				
3	27.500	311	9	27.509	2.530.858	100	27.509	35.002	2.760	92	3.220.184	689.326	27.509				
4	27.500	311	9	27.509	7.592.575	100	27.509	35.003	8.280	276	9.660.828	2.068.253	27.509				
5	27.500	311	9	27.509	7.592.575	100	27.509	35.004	8.280	276	9.661.104	2.068.529	27.509				
6	27.500	311	9	27.509	37.962.875	100	27.509	35.005	41.400	1.380	48.306.900	10.344.025	27.509				
7	27.500	311	9	27.509	177.187.595	100	27.509	35.006	193.230	6.441	225.473.646	48.286.051	27.509				
8	27.500	311	9	27.509	25.308.584	100	27.509	35.007	27.600	920	32.206.440	6.897.856	27.509				
9	27.500	311	9	27.509	3.796.288	100	27.509	35.008	4.140	138	4.831.104	1.034.816	27.509				
10	27.500	308	9	27.509	8.857.975	100	27.509	35.009	9.660	322	11.272.898	2.414.923	27.509				

Tabel 97 Revisi variabel kontrak adaptif tahap 1

Pemasok - Pabrikan (s=1; r=1; u=1)																					
t	c1	c1'	θ1	θ1'	C1	C1'	HPS1	HPS1'	q1=D1=y1	l'1_ (q1'	D1'	B1	bi	y1'	X1	X1'	Π1	Π1'	p1	p1'
1	12	11	1,00	1,00	12	11	18	16	152.132	1,00	152.132	136.919	15.213	11	152.132	2.738.376	2.464.538	912.792	821.513	12	11
2	12	11	1,00	1,00	12	11	18	16	61.018	1,00	61.018	54.916	6.102	11	61.018	1.098.324	988.492	366.108	329.497	12	11
3	12	10	1,00	1,00	12	10	18	16	6.942	1,00	6.942	6.248	694	10	6.942	121.485	109.337	38.181	37.487	12	10
4	12	10	1,00	1,00	12	10	18	16	11.332	1,00	11.332	10.199	1.133	10	11.332	198.310	178.479	62.326	61.193	12	10
5	12	10	1,00	1,00	12	10	18	16	14.495	1,00	14.495	13.046	1.450	10	14.495	253.663	228.296	79.723	78.273	12	10
6	12	11	1,00	1,00	12	11	18	16	62.600	1,00	62.600	56.340	6.260	11	62.600	1.126.800	1.014.120	375.600	338.040	12	11
7	14	13	1,00	1,00	14	13	20	18	313.866	1,00	313.866	282.479	31.387	13	313.866	6.277.320	5.649.588	2.510.928	1.694.876	14	13
8	14	13	1,00	1,00	14	13	20	18	54.408	1,00	54.408	48.967	5.441	13	54.408	1.088.160	979.344	435.264	293.803	14	13
9	12	11	1,00	1,00	12	11	18	16	13.368	1,00	13.368	12.031	1.337	11	13.368	240.624	216.562	80.208	72.187	12	11
10	12	11	1,00	1,00	12	11	18	16	20.557	1,00	20.557	18.501	2.056	11	20.557	370.026	333.023	123.342	111.008	12	11

Tabel 98 Revisi variabel kontrak adaptif tahap 2

Pabrikan - Distributor (n=1)																					
t	c1	c1'	θ1	θ1'	C1	C1'	HPS1	HPS1'	q1=D1=y1	l'1_ (q1'	D1'	B1	bi	y1'	X1	X1'	Π1	Π1'	p1	p1'
1	13.750	12.375	1,00	1,00	13.750	12.375	27.500	24.750	9.200	1,00	7.360	8.280	0	12.375	7.360	253.000.000	182.160.000	126.500.000	91.080.000	13.750	12.375
2	13.750	12.375	1,00	1,00	13.750	12.375	27.500	24.750	3.680	1,00	3.680	3.312	368	12.375	3.680	101.200.000	91.080.000	50.600.000	45.540.000	13.750	12.375
3	13.750	12.375	1,00	1,00	13.750	12.375	27.500	24.750	460	1,00	460	414	46	12.375	460	12.650.000	11.385.000	6.325.000	5.692.500	13.750	12.375
4	13.750	12.375	1,00	1,00	13.750	12.375	27.500	24.750	736	1,00	736	662	74	12.375	736	20.240.000	18.216.000	10.120.000	9.108.000	13.750	12.375
5	13.750	12.375	1,00	1,00	13.750	12.375	27.500	24.750	920	1,00	920	828	92	12.375	920	25.300.000	22.770.000	12.650.000	11.385.000	13.750	12.375
6	13.750	12.375	1,00	1,00	13.750	12.375	27.500	24.750	3.680	1,00	3.680	3.312	368	12.375	3.680	101.200.000	91.080.000	50.600.000	45.540.000	13.750	12.375
7	13.750	12.375	1,00	1,00	13.750	12.375	27.500	24.750	18.402	1,00	18.402	16.562	1.840	12.375	18.402	506.055.000	455.449.500	253.027.500	227.724.750	13.750	12.375
8	13.750	12.375	1,00	1,00	13.750	12.375	27.500	24.750	3.680	1,00	3.680	3.312	368	12.375	3.680	101.200.000	91.080.000	50.600.000	45.540.000	13.750	12.375
9	13.750	12.375	1,00	1,00	13.750	12.375	27.500	24.750	920	1,00	920	828	92	12.375	920	25.300.000	22.770.000	12.650.000	11.385.000	13.750	12.375
10	13.750	12.375	1,00	1,00	13.750	12.375	27.500	24.750	1.380	1,00	1.380	1.242	138	12.375	1.380	37.950.000	34.155.000	18.975.000	17.077.500	13.750	12.375

Tabel 99 Revisi variabel kontrak adaptif tahap 3

t	Distributor - Konsumen (c=1)																				
	c1	c1'	θ1	θ1'	C1	C1'	HPS1	HPS1'	q1=D1=y1	l'1_()	q1'	D1'	B1	bi	y1'	X1	X1'	Π1	Π1'	p1	p1'
1	27.509	24.758	1,00	1,00	27.509	24.758	35.000	31.500	920	1,00	920	828	92	24.758	920	32.200.000	28.980.000	6.891.416	6.202.275	27.509	24.758
2	27.509	24.758	1,00	1,00	27.509	24.758	35.001	31.501	460	1,00	460	414	46	24.758	460	16.100.460	14.490.414	3.446.168	3.101.551	27.509	24.758
3	27.509	24.758	1,00	1,00	27.509	24.758	35.002	31.502	92	1,00	92	83	9	24.758	92	3.220.184	2.898.166	689.326	620.393	27.509	24.758
4	27.509	24.758	1,00	1,00	27.509	24.758	35.003	31.503	276	1,00	276	248	28	24.758	276	9.660.828	8.694.745	2.068.253	1.861.428	27.509	24.758
5	27.509	24.758	1,00	1,00	27.509	24.758	35.004	31.504	276	1,00	276	248	28	24.758	276	9.661.104	8.694.994	2.068.529	1.861.676	27.509	24.758
6	27.509	24.758	1,00	1,00	27.509	24.758	35.005	31.505	1.380	1,00	1.380	1.242	138	24.758	1.380	48.306.900	43.476.210	10.344.025	9.309.622	27.509	24.758
7	27.509	24.758	1,00	1,00	27.509	24.758	35.006	31.505	6.441	1,00	6.441	5.797	644	24.758	6.441	225.473.646	202.926.281	48.286.051	43.457.446	27.509	24.758
8	27.509	24.758	1,00	1,00	27.509	24.758	35.007	31.506	920	1,00	920	828	92	24.758	920	32.206.440	28.985.796	6.897.856	6.208.071	27.509	24.758
9	27.509	24.758	1,00	1,00	27.509	24.758	35.008	31.507	138	1,00	138	124	14	24.758	138	4.831.104	4.347.994	1.034.816	931.335	27.509	24.758
10	27.509	24.758	1,00	1,00	27.509	24.758	35.009	31.508	322	1,00	322	290	32	24.758	322	11.272.898	10.145.608	2.414.923	2.173.430	27.509	24.758

Keterangan

- ci : Perkiraan ongkos produksi pelaku rantai pasok ke-i dengan peluang keberhasilan memproduksi 100% sebesar 100%. Ditentukan dari hasil model optimasi FHS (Rp).
- ci' : Ongkos produksi aktual pelaku rantai pasok ke-i dengan peluang keberhasilan memproduksi 100% sebesar 100% (Rp).
- θi : Perkiraan peluang keberhasilan memproduksi 100% oleh pelaku rantai pasok ke-i. θmin=0,25. Bila θ<0,25 produksi tidak dilakukan.
- θi' : Peluang keberhasilan aktual memproduksi 100% oleh pelaku rantai pasok ke-i.
- Ci : Perkiraan ongkos untuk menghasilkan produk oleh pelaku rantai pasok ke-i dengan peluang keberhasilan menghasilkan produk 100% sebesar θ (Rp).
- Ci' : Ongkos aktual untuk menghasilkan produk oleh pelaku rantai pasok ke-i dengan peluang keberhasilan menghasilkan produk 100% sebesar θ' (Rp).
- HPSi : Perkiraan harga pasar produk dari pelaku rantai pasok ke-I (Rp).
- HPSi' : Harga pasar aktual produk dari pelaku rantai pasok ke-I (Rp)
- qi=Di=yi : Perkiraan jumlah produk yang dipesan dari pelaku rantai pasok ke=i=Jumlah permintaan=Jumlah yang dikirim (karena p=c/θ). qi =

- ditentukan dari hasil model SHFM (unit).
- q_i' : Jumlah produk aktual yang dipesan dari pelaku rantai pasok ke-i. disesuaikan dengan kemampuan/daya beli (eksistensi) pembeli (pelaku rantai pasok ke-i+1 (unit).
- D_i' : Jumlah aktual permintaan produk pelaku rantai pasok ke-i di pasar (unit).
- I_i : Peluang pelaku rantai pasok ke-i masih bertahan (exists).
- B_i : Buyback yang dilakukan oleh pelaku rantai pasok ke-i dari pelaku rantai pasok ke-i+1 dengan harga beli kembali sebesar bi. $B_i=0$ bila $q_i' < D_i'$. $B_i=q_i'-D_i'$ bila $q_i' \geq D_i'$ (unit).
- b_i : Harga *buyback* yang dibayar oleh pelaku rantai pasok ke-i kepada pelaku rantai pasok ke-i+1 (Rp).
- y_i' : Jumlah aktual produk yang dikirim pelaku rantai pasok ke-i kepada pelaku rantai pasok ke-i+1 yang dapat menghasilkan keuntungan maksimal bagi pelaku rantai pasok ke-i. $y_i'=y_i, \max=0$ bila $p < c/\theta$ dan atau $X < (c/\theta)q$. $y_i, \max=q_i'$ bila $p \geq c/\theta$ (unit).
- X_i : Perkiraan jumlah pembayaran yang diterima pelaku rantai pasok ke-i dari pelaku rantai pasok ke-i+1. Hasil penjualan = HPS x q. Asumsi $C=C^H < HPS$ diakibatkan adanya pengurangan ongkos material yang diperoleh dari pengembalian produk bekas (Rp).
- X_i' : Jumlah pembayaran aktual yang diterima pelaku rantai pasok ke-i dari pelaku rantai pasok ke-i+1 (Rp).
- Π_i : Perkiraan keuntungan hasil penjualan pelaku rantai pasok ke-i. $\Pi_i = X_i - (C_i * y_i) - (p_i * (q_i - y_i))$ (Rp).
- Π_i' : Keuntungan aktual hasil penjualan pelaku rantai pasok ke-i. $\Pi_i' = X_i' - (C_i' * y_i') - (p_i' * (q_i' - y_i'))$ (Rp).
- p_i : Perkiraan besaran penalti per unit produk yang tidak terpenuhi/terkirim. $p = p_{\max} = c/\theta$ (Rp)
- p_i' : Besaran aktual penalti per unit produk yang tidak terpenuhi/terkirim. $p_i' = p_i'_{\max} = c/\theta$, sehingga produksi dilakukan maksimal (q terpenuhi) dengan kata lain tidak ada penalti yang dibayarkan (Rp).

6.1.4 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi dan validasi model proses bisnis dilakukan menggunakan validasi rupa dengan pihak agroindustri herbal, dalam hal ini adalah manajer produksi. Berdasarkan pengamatan di lokasi penelitian, proses bisnis kemudian dibuat dan hasilnya didiskusikan dengan manajer produksi di agroindustri herbal PT X. Proses ini berlangsung secara intensif dan interaktif, hingga menghasilkan proses bisnis yang dituangkan dalam model proses bisnis multistahap agroindustri herbal dengan menggunakan perangkat BPMN 2.0. Verifikasi dan validasi berikutnya dilakukan pada model optimasi yang dibuat. Model optimasi ini diselesaikan dengan menggunakan bahasa pemrograman Java dengan perangkat lunak NetBeans IDE 8.1. Verifikasi pada tahapan ini merupakan proses pengecekan di program komputer, apakah logika operasional perubahan parameter permintaan terhadap model sesuai dengan logika diagram alur. Jika model optimasi yang dibuat salah, maka pemrograman komputer tidak dapat berjalan, karena ada pembatas yang dilanggar. Verifikasi dilakukan bersamaan dengan pengkodean model optimasi ke program komputer. Hasilnya bahwa model optimasi penelitian terverifikasi, karena dapat menghasilkan nilai variabel keputusan sesuai dengan batasan model dan menghasilkan nilai fungsi tujuan. Verifikasi pada model optimasi juga dilakukan dengan memeriksa kembali satuan disetiap parameter, variabel keputusan dan fungsi tujuan. Sebagai contoh fungsi tujuan satu adalah minimasi total biaya ketidakpastian. Total biaya yang dimaksud adalah biaya ketidakpastian preferensi pemilihan bahan baku dari pemasok, biaya ketidakpastian perolehan bahan baku per unit, biaya produksi dan transportasi. Dengan demikian, model optimasi yang dibuat dapat dikatakan terverifikasi. Validasi pada model optimasi menggunakan validasi rupa. Validasi ini dilakukan dengan mengkonfirmasi nilai dari fungsi tujuan yang dihasilkan oleh program komputer. Konfirmasi dilakukan melalui manajer produksi agroindustri herbal. Berdasarkan hasil dari program komputer, manajer produksi mengkonfirmasi bahwa hasil yang diperoleh oleh model valid. Validasi juga dilakukan dengan menggunakan aplikasi excel untuk mengecek kesesuaian hasil perhitungan.

Sama halnya seperti model optimasi, pada model kontrak adaptif verifikasi dan validasi dilakukan bersamaan dengan proses pembuatan model. Jika tidak terverifikasi dan tidak valid maka alur berfikir dari model kontrak perlu diperbaiki. Model kontrak adaptif dikatakan terverifikasi dan valid, jika model dapat dijalankan dan menghasilkan suatu keputusan. Model kontrak adaptif yang dibuat dapat dikatakan valid, karena model dapat menghasilkan nilai penalti dan pendapatan yang adaptif berdasarkan pada perubahan yang terjadi baik dalam hal kemampuan produksi, eksistensi pelaku rantai pasok maupun permintaan akan produk herbal. Hasil dari model kontrak adaptif untuk mengambil keputusan besaran penalti dan pembayaran juga dikonfirmasi kepada setiap pelaku rantai pasok/kontrak masing-masing menyatakan bahwa model yang dibangun relevan dengan kondisi yang ada.

6.2 Kontribusi dan Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini telah berhasil menghasilkan model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal dengan multiparameter ketidakpastian, model

stokastik hibrid *fuzzy* multistap rantai pasok balik agroindustri herbal, dan model kontrak adaptif rantai pasok multistap agroindustri herbal dengan multiparameter ketidakpastian. Kelebihan/keuntungan yang ditawarkan dalam menerapkan/mengimplementasikan model proses bisnis rantai pasok balik multistap agroindustri herbal dengan multiparameter ketidakpastian adalah proses pengambilan keputusan secara cepat dan andal karena digunakannya model formulasi stokastik *hybrid fuzzy* yang andal terhadap multiparameter ketidakpastian melalui alat bantu perangkat lunak yang sudah didisain dengan menggunakan bahasa pemrograman untuk menghasilkan nilai-nilai yang dibutuhkan dalam pengambilan keputusan. Melalui implementasi model proses bisnis rantai pasok balik multistap agroindustri herbal dengan multiparameter ketidakpastian diperoleh pula keuntungan berupa peningkatan efisiensi di setiap pelaku rantai pasok baik di tingkat pemasok, pabrik, distributor maupun konsumen melalui adanya kepastian dalam penyerapan bahan baku/produk yang dihasilkan/dikirim, penekanan ongkos kesempatan, dan pemenuhan/penggantian bahan baku/produk yang dikembalikan sehingga dapat memenuhi spesifikasi bahan baku/produk yang diinginkan. Kelebihan/keuntungan yang ditawarkan dalam mengimplementasikan model formulasi stokastik hibrid *fuzzy* multistap rantai pasok balik agroindustri herbal adalah teridentifikasi berbagai faktor ketidakpastian yang dihadapi baik secara kuantitas maupun kualitas sehingga dapat dilakukan antisipasi melalui model yang dapat mengakomodir berbagai ketidakpastian tersebut sehingga dapat bersifat lebih optimal dan andal dalam menghasilkan keputusan manajerial melalui peningkatan efisiensi atau minimasi ongkos yang dicapai. Kelebihan lain dari model formulasi stokastik hibrid *fuzzy* multistap rantai pasok balik agroindustri herbal adalah model ini dapat diterapkan pada agroindustri lainnya dengan mengidentifikasi ketidakpastian yang dihadapi lalu menghitung minimasi ongkos dengan model formulasi stokastik hibrid *fuzzy* multistap. Kelebihan yang ditawarkan dalam mengimplementasikan model kontrak adaptif multistap rantai pasok balik agroindustri herbal dengan multiparameter ketidakpastian adalah adanya kepastian dalam terserapnya bahan baku/produk herbal yang dihasilkan oleh konsumen sehingga dapat dihindari kerugian akibat terbuangnya bahan baku maupun produk herbal yang tidak terserap di pasaran. Melalui adanya model *buyback* dalam kontrak yang memungkinkan kembalinya bahan baku/produk herbal dari konsumen oleh produsen (logistik balik/*reverse*) sehingga dapat memberikan *win-win solution* bagi pelaku rantai pasok yang terlibat dalam kontrak. Keuntungan lainnya adalah melalui penggunaan variabel-variabel kontrak yang ditetapkan berdasarkan hasil model formulasi stokastik *hybrid fuzzy* multistap, dengan demikian nilai variabel dalam kontrak dapat bersifat lebih andal terhadap ketidakpastian yang ada, yang tidak dimiliki pada bentuk kolaborasi, *partnership*, maupun *coopetition* yang ada. Dalam mengimplementasikan kontrak adaptif juga dipersyaratkan adanya keterbukaan informasi di antara pelaku rantai pasok yang terlibat dalam kontrak sehingga dapat dihindari ketidakadilan yang dibebankan secara sepihak kepada salah satu/beberapa pelaku rantai pasok yang terlibat dalam kontrak. Dalam model kontrak adaptif juga diakomodir ketidakpastian ongkos pengadaan bahan baku/produksi/distribusi secara bersama sehingga berlaku keadilan bagi setiap pelaku rantai pasok yang terlibat dalam kontrak.

Adapun keterbatasan penelitian ini antara lain adalah pada tahap implementasi model formulasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap agroindustri herbal dibatasi hanya pada jaringan rantai pasok balik multistahap yang melibatkan 1 pihak prosesor dan distributor, bahan baku yang dianalisis hanya pada proporsi dan preferensi penggunaan bahan baku utama, serta proses *reverse* masih didominasi oleh pengolahan limbah menjadi produk sekunder maupun tersier. Sebagai celah riset penelitian ini dapat dikembangkan dalam tahap implementasi model formulasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap agroindustri herbal untuk penggunaan multi bahan baku utama, multi produk primer, dengan lebih dari satu pabrik dan distributor dan proporsi logistik balik (*reverse*) yang lebih banyak lagi dari penggunaan pengembalian produk sebagai bahan baku produk untuk peningkatan nilai tambah sehingga validasi pada implementasi model dapat lebih maksimal. Model kontrak adaptif dibatasi pada 1 jalur jaringan pelaku rantai pasok. Disamping pembatasan pada 1 jalur jaringan pelaku rantai pasok, desain model kontrak adaptif juga dibatasi pada 3 tahapan siklus yaitu 1) Identifikasi kebutuhan dan spesifikasi permintaan; 2) Membuat atau membeli, bila membeli maka bagaimana strategi penetapan sumber bahan baku; 3) Proses penetapan sumber bahan baku dan penawaran kontrak. Implementasi model kontrak adaptif pada siklus ketiga yaitu proses penetapan sumber bahan baku dan penawaran kontrak dapat dilakukan dengan metode *Focus Group Discussion* (FGD) untuk menghasilkan poin-poin kesepakatan di antaranya terkait pihak-pihak yang akan terlibat dalam kontrak apakah per tahap ataukah terintegrasi yang kemudian dapat dilanjutkan ke tahapan siklus berikutnya (keempat dan seterusnya) yaitu berupa klausul kontrak meliputi dasar hukum yang diterapkan.

6.3 Implikasi Manajerial

Implikasi manajerial model stokastik hibrid *fuzzy* multistahap agroindustri balik agroindustri herbal berbasis kontrak adaptif adalah berupa strategi bersaing perusahaan yaitu peningkatan kinerja rantai pasok untuk meningkatkan aspek efisiensi maupun responsibilitas perusahaan dengan mengoptimalkan faktor penggerak baik penggerak logistik yang terdiri dari fasilitas dan transportasi maupun faktor penggerak lintas fungsional meliputi informasi, sumber daya dan harga.

Berikut adalah optimasi dalam hal fasilitas yaitu:

1. Kapasitas
2. Utilisasi
3. Variasi produk

Berikut adalah optimasi dalam hal transportasi yaitu:

1. Jumlah pengiriman
2. Biaya transportasi

Berikut adalah optimasi dalam hal informasi yaitu:

1. Horizon peramalan
2. Frekuensi pembaruan
3. Frekuensi kesalahan
4. Variansi dari rencana
5. Rasio variabilitas permintaan terhadap variabilitas pesanan

Berikut adalah optimasi dalam hal sumber daya yaitu:

1. Harga pembelian

2. Jumlah pembelian
3. Kualitas pasokan

Berikut adalah optimasi dalam hal harga yaitu:

1. Harga jual
2. Jumlah pesanan
3. Rentang periode penjualan

Efisiensi kinerja rantai pasok dapat ditingkatkan baik pada tahap pemasok dengan pabrikan, pabrikan dengan distributor, maupun distributor dengan konsumen. Peningkatan efisiensi di pihak pemasok diperoleh melalui adanya kepastian dalam pembiayaan produksi bahan baku dan pemasaran bahan baku sesuai yang telah disepakati dalam kontrak. Demikian pula pada pihak pabrikan peningkatan efisiensi diperoleh melalui adanya kepastian dalam pembiayaan produksi produk herbal dan pemasaran produk herbal sesuai yang telah disepakati dalam kontrak, serta minimasi ongkos produksi melalui minimasi ongkos pengadaan bahan baku dan optimasi dalam penggunaan limbah dan pengembalian produk tanpa harus mengurangi standar kualitas produk yang telah ditetapkan (dapat memenuhi standar kualitas produk yang ditetapkan) sehingga dapat menekan ongkos kesempatan dan mengubahnya menjadi peningkatan nilai tambah produk untuk peningkatan keuntungan perusahaan. Pada pihak distributor efisiensi dapat diperoleh melalui adanya kepastian dalam pembiayaan distribusi produk herbal dan pemasaran produk herbal sesuai yang telah disepakati dalam kontrak. Pada pihak konsumen efisiensi dapat diperoleh melalui adanya kepastian dalam perolehan produk sesuai dengan yang dibutuhkan sehingga dapat mengurangi kerugian-kerugian yang ditanggung (keluhan/komplain pelanggan) akibat ketidaksesuaian produk yang dikirim baik dalam hal kuantitas, kualitas, maupun ketepatan waktu pengiriman. Model kontrak adaptif mampu menghadirkan sistem kolaborasi yang lebih efisien dan efektif khususnya dalam menstabilkan harga dikarenakan adanya kesepakatan pada batas interval harga/ongkos yang dapat ditoleransi. Dengan kesepakatan dalam kontrak adaptif dalam multiparameter ketidakpastian, berbagai faktor multiparameter ketidakpastian dapat diidentifikasi dan diakomodir sehingga dapat menghasilkan variabel kontrak yang lebih mendekati kondisi nyata dan bersifat stabil dikarenakan ada ikatan dalam suatu kesepakatan dalam kontrak.

VII SIMPULAN DAN SARAN

7.1 Simpulan

Berdasarkan uraian pada bab satu hingga bab enam, maka dari penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Model rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal adalah solusi terhadap permasalahan efisiensi yang terjadi pada rantai pasok agroindustri herbal dengan cara menghadirkan model proses bisnis yang mengoptimalkan peningkatan nilai tambah melalui optimasi penggunaan bahan baku dari sisa produksi (limbah) maupun pengembalian produk. Proses bisnis dilengkapi juga dengan penggunaan perangkat lunak untuk memecahkan permasalahan optimasi penggunaan bahan baku dan minimasi ongkos rantai pasok dalam multiparameter ketidakpastian dengan metode stokastik *hybrid fuzzy* multistahap.
2. Model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal adalah solusi optimasi untuk ongkos rantai pasok dengan adanya beragam faktor ketidakpastian sehingga memungkinkan dilakukan proses produksi untuk menghasilkan produk herbal yang sesuai dengan permintaan dengan biaya yang sekecil mungkin dan berdaya saing di pasaran. Melalui penerapan model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal berbagai multiparameter ketidakpastian meliputi jumlah permintaan, preferensi bahan baku, dan aspek produksi dapat diidentifikasi dan diramalkan mendekati kondisi riil di lapangan sehingga pengambilan keputusan dapat bersifat lebih andal dan berdaya saing.
3. Model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal adalah solusi masalah kolaborasi rantai pasok yang mampu merespon ketidakpastian yang terjadi di lapangan. Melalui model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal, terjalin kolaborasi yang bersifat terbuka dan objektif sehingga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi kinerja rantai pasok dan stabilitas keuntungan dalam kondisi pasar yang tidak menentu.

7.2 Saran

Beberapa keterbatasan dan kesimpulan penelitian ini dapat dipertimbangkan untuk saran penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Model proses bisnis rantai pasok agroindustri herbal dapat dikembangkan untuk multijalur rantai pasok yaitu dengan lebih dari satu jumlah agroindustri dan distributor.
2. Implementasi formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal dapat dikembangkan untuk lebih dari satu jenis bahan baku.
3. Implementasi model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal dapat dikembangkan untuk lebih dari satu jumlah setiap jenis pelaku rantai pasok.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriana B. Trapezoidal approximation of fuzzy numbers. Bolyai University. Romania.
- Ahmad S, Setiadji A, Haryadi BH. 2019. Aplikasi Model Rantai Markov dalam Pengelolaan Jalan di Kabupaten Bangkan Barat. *Rekayasa*, 12(2), 141-150. doi: <https://doi.org/10.21107/rekayasa.v12i2.5907>.
- Ali C, Rima C. 2019. A two-stage capacity reservation supply contract with risky supplier and forecast updating. *International Journal of Production Economics*. 2017: 1 - 19.
- Almeida AT. 2007. Multicriteria decision model for outsourcing contracts selection based on utility function and ELECTRE method. *Computer & Operations Research*. 34: 3569-3574. doi: 10.1016/j.cor.2006.01.003.
- Ambler SW. 2005. The elements of UML 2.0 style. *Cambridge University Press*.
- Amindoust A, Ahmed S, Saghafinia A, Bahreininejad A. 2012. Sustainable supplier selection: A ranking model based on a fuzzy inference system. *Appl Soft Comput J*. 12(6):1668–1677. doi:10.1016/j.asoc.2012.01.023.
- Amy Z, Zenga JH. 2019. Procurement and coordination under imperfect quality and uncertain demand in reverse mobile phone supply chain. *Resources, Conservation & Recycling*. 140: 72 - 84.
- Arshinder, Kdana A, Deshmukh SG. 2008. Supply chain coordination: Perspectives, empirical studies and research directions. *International Journal Production Economics*. 115(2008): 316-335.
- Azaron A, Brown KN, Tarim SA, Modarres M. 2008. A multi-objective stochastic programming approach for supply chain design considering risk. *Int. J. Production Economics*. 116(2008) 129-138. doi:10.1016/j.ijpe.2008.08.002.
- Babich V, Yang Z. 2017. Supply disruptions and procurement contracting. *Handbook of Information Exchange in Supply Chain Management*. Springer. Vol. 5: 145-170.
- Baghalian A, Rezapour S, Farahani RZ. 2013. Robust supply chain network design with service level against disruptions and demand uncertainties: a real-life case. *European Journal of Operational Research (EJOR)*. 227(1): 199 - 215.
- Bai X, Sheng S, Li JJ. 2016. Contract governance and buyer-supplier conflict: The moderating role of institutions. *Journal of Operations Management*. 41(2016): 12-24. doi: 10.1016/j.jom.2015.10.003.
- Bazhenova E, Zerbato F, Oliboni B, Weske M. 2019. From BPMN process models to DMN decision models. *Inf Syst*. 83:69–88. doi:10.1016/j.is.2019.02.001.
- Bente AD, Rico-Hesse R. 2006. Model of dengue virus infection. *Drug Discov Today Dis Models*. 3(1):97-103. doi: 10.1016/j.ddmod. 2006.03.014.
- Bernardo L, Izquierdo A, Prado I, Rosario D, Alvarez M, Santana E, Castro J, Martinez J, Rodriguez R, Morier L et al. 2008. Primary and secondary infections of *Macaca fascicularis* monkey with Asian and American genotypes of dengue virus 2. *Clin Vaccine Immunol*. 15(3): 439-446. doi: 10.1128/CVI.00208-07.

- Campos JAG, Penafiel RAM. 2016. A Method for Ordering of LR-Type Fuzzy Numbers: An Important Decision Criteria. *Axioms*. 5, 22. doi:10.3390/axioms5030022.
- Cepin, M. 2011. Dynamic programming. In: Assessment of power system reliability. Springer, London, pp: 253-255.
- Chakraborty D, Jana DK, Roy TK. 2015. Multi-item integrated supply chain model for deteriorating items with stock dependent demand under fuzzy random and bifuzzy environments. *Computers & Industrial Engineering*. 88(2015): 166-180. doi: 10.1016/j.cie.2015.06.022.
- Chan HK, Chan FTS. 2010. A review of coordination studies in the context of supply chain dynamics. *International Journal of Production Research*. 48, 2793-2819.
- Chan HK, Chan FTS. 2010. Comparative study of adaptability and flexibility in distributed manufacturing supply chains. *Decision Support Systems*. 48(2010): 331-341.
- Chern MS, Pan Q, Teng JT, Chan YL, Chene SC. 2013. Stackelberg solution in a vendor - buyer supply chain model with permissible delay in payments. *International Journal of Production Economics*. 144(2013): 397-404.
- Chopra S, Meindl P. 2007. Supply chain management: strategy, planning and operation. *Pearson Prentice Hall*. 2nd or 3rd Edition. New Jersey.
- Christensen CM, Raynor ME, McDonald R. 2015. What is disruptive innovation? *Harvard Business Review*.
- Christian N, Ramin S, Dennis S. 2014. The reverse supply chain planning matrix: A classification scheme for planning problems in reverse logistics. *International Journal of Management Reviews*. 17(4):413-436.
- Citarasu T. 2010. Herbal biomedicines: a new opportunity for the aquaculture industry. *Aquacult Int*. 18: 403-414. doi: 10.1007/s10499-009-9253-7.
- Das BC, Das B, Mondal SK. 2013. Integrated supply chain model for a deteriorating item with procurement cost dependent credit period. *Computers & Industrial Engineering*. 64(2013): 788-796. doi: 10.1016/j.cie.2012.12.020.
- Dennis S dan Ramin S. 2014. Review of research on closed loop supply chain management in the process industry. *Flexible Services and Manufacturing Journal*. 26(2014):268-293.
- Devika K, Ali D, Mahmoud A, Kannan G, Geng Y. 2012. A carbon footprint based reverse logistics network design model. *Resources, Conservation and Recycling*. 67(10):75-79.
- Devika K, Jafarian A, Nourbakhsh V. 2014. Designing a sustainable closed-loop supply chain network based on triple bottom line approach: A comparison of metaheuristics hybridization techniques. *European Journal of Operational Research (EJOR)*. 235(3): 594 - 615.
- Dumas M, La M, Mendling J, Reijers HA. 2018. Business Process Management. *Berlin: Springer Berlin Heidelberg*.
- Dumrong Siri A, Fan M, Jain A, Moizadeh K. 2008. A supply chain model with direct and retail channels. *European Journal of Operational Research*. 187(2008): 691 - 718. doi: 10.1016/j.ejor.2006.05.044.
- Ehsan M, Majid A, Reza FS. 2014. Measuring the efficiency of a third party reverse logistics provider in the supply chain by multi objective additive

- network DEA model. *International Journal of Shipping and Transport Logistics*. 7(1).
- Eriyatno. 2013. Ilmu sistem meningkatkan mutu dan efektivitas manajemen. Bogor: IPB Press.
- Eriyatno. 2013. Ilmu sistem: Meningkatkan integrasi dan koordinasi manajemen. Jilid Dua, Edisi pertama. Larasati L, editor. Surabaya (ID): Penerbit Guna Widya.
- Farrokh M, Azar A, Jandaghi G, Ahmadi E. 2018. A novel robust fuzzy stochastic programming for closed loop supply chain network design under hybrid uncertainty. *Fuzzy Sets and Systems*. 341 (2018) 69-91. doi: 10.1016/j.fss.2017.03.019.
- Ferraro PJ. 2008. Asymmetric information and contract design for payments for environmental services. *Ecological economics*. 65: 810 - 821. doi:10.1016/j.ecolecon.2007.07.029.
- Fragoso LR, Esparza JR, Burchiel SW, Ruiz DH, Torres E. 2008. Risks and benefits of commonly used herbal medicines in Mexico. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 227(2008):125-135. doi: 10.1016/j.taap.2007.10.005.
- Fu J, Fu Y. 2015. An adaptive multi-agent system for cost collaborative management in supply chains. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 44: 91-100. doi: 10.1016/j.engappai.2015.05.002.
- Ghoneim K, Bentahar J. 2008. An adaptive configuration for agent-based supply network. *Fifth International Conference on Information Technology: New Generations*.
- Ghosh D, Shah J. 2015. Supply chain analysis under green sensitive consumer demand and cost sharing contracts. *International Journal of Production Economics*. 164:319-329. doi: 10.1016/j.ijpe.2014.11.005.
- Gong Z. 2008. An economic evaluation model of supply chain flexibility. *European Journal of Operational Research*. 184(2008): 745-758. doi: 10.1016/j.ejor.2006.11.013.
- Gonzalez R, Gasco J, Llopis J. 2015. Information systems contracts and relationship: Spanish perspective. *Journal of Business Research*. doi: 10.1016/j.jbusres.2015.10.040.
- Govindan K, Popiuc MN. 2014. Reverse supply chain coordination by revenue sharing contract: A case for the personal computers industry. *European Journal of Operational Research*. 233(2): 326-336. doi: 10.1016/j.ejor.2013.03.023.
- Hatefi SM, Jolai F. 2014. Robust and reliable forward - reverse logistics network design under demand uncertainty and facility disruptions. *Applied Mathematical Modelling*. 38(9): 2630 - 2647.
- Ho CJ, Slivkins A, Vaughan JW. 2016. Adaptive contract design for crowdsourcing markets: Bandit algorithms for repeated principal-agent problems. 55(2016): 317-359.
- Hohn MI. 2010. Literature review on supply chain contracts. *Relational Supply Contracts Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*. 629: 19-34. A Journal of The Decision Sciences Institute.
- Hsueh CF. 2014. Improving corporate social responsibility in a supply chain through a new revenue sharing contract. *International Journal of Production Economics*. 151:214-222. doi: 10.1016/j.ijpe.2013.10.017.

- Hu B, Feng Y. 2017. Optimization and coordination of supply chain with revenue sharing contracts and service requirements under supply and demand uncertainty. *Int. J. Production Economics*. 183: 185-193. doi: 10.1016/j.ijpe.2016.11.002.
- Huang H, Shen X, Xu H. 2016. Procurement contracts in the presence of endogenous disruption risk. *A Journal of The Decision Sciences Institute*. 47(3): 437-471.
- Jafar H, Maryam Ghasemi. 2018. A revenue sharing contract for reverse supply chain coordination under stochastic quality of returned products and uncertain remanufacturing capacity. *Journal of Cleaner Production*. 197: 607-615.
- Javid G, Ramez K, Ehsan S. 2019. A robust fuzzy mathematical programming model for the closed-loop supply chain network design and a whale optimization solution algorithm. *Expert Systems With Applications*. 116: 454 - 471.
- John L, Evi H, Edda F. 2016. Reverse factoring in the supply chain: objectives, antecedents and implementation barriers. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 46(4).
- Jordan SA, Cunningham DG, Maries RJ. 2010. Assessment of herbal medicinal products: Challenges, and opportunities to increase the knowledge base for safety assessment. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 243(2010): 198-216.
- Kalkanci B, Chen KY, Erhun F. 2011. Contract complexity and performance under asymmetric demand information: An experimental evaluation. *Management Science*. 57(4): 689-704. doi: 10.1287/mnsc.1110.1318.
- Kannan G, Sasikumar P, Devika K. 2010. A genetic algorithm approach for solving a closed loop supply chain model: A case of battery recycling. *Applied Mathematical Modelling*. 34(2010): 655 - 670. doi: 10.1016/j.apm.2009.06.021.
- Kasperski A, Kulej M. 2009. Choosing robust solutions in discrete optimization problems with fuzzy costs. *Fuzzy Sets Systems*. 160(5): 667 - 682.
- Khan M, Jaber MY, Ahmad AR. An integrated supply chain model with errors in quality inspection and learning in production. 2014. *Omega*. 42(2014): 16-24.
- Kochel TJ, Watts DM, Gonzalo AS, Ewing DF, Porter KR, Russell KL. 2005. Cross-serotype neutralization of dengue virus in *Aotus nancymaae* monkeys. *J Infect Dis*. 191(6):1000-1004. doi:10.1086/427511.
- Kong XJ. 2018. Mobility dataset generation for vehicular social networks based on floating car data. *IEEE Trans. Veh. Technol*. 67(2018): 3874 - 3886.
- Kuo RJ, Han YS. 2011. A hybrid of genetic algorithm and particle swarm optimization for solving bi-level linear programming problems - A case study on supply chain model. *Applied Mathematical Modelling*. 35(2011): 3905 - 3917. doi: 10.1016/j.apm.2011.02.008.
- Lambert S, Riopel D, Abdul-Kader W. 2011. A reverse logistics decisions conceptual framework. *Computers & Industrial Engineering*. 61(3): 561.
- Macbeth DK. 2012. Contract Lifecycle Management. *Bookboon.com*.

- Manikas I, Manos B. 2008. Design of an integrated supply chain model for supporting traceability of dairy products. *International Journal of Dairy Technology*. 62(2009): 126-138. doi: 10.1111/j.1471-0307.2008.00444.x.
- Manimaran dan Selladurai. 2014. Particle swarm optimization for multi stage supply chain networks associated with fixed charges. *International Journal of Operational Research*. 21(1).
- Mansoornejad B, Pistikopoulos EN, Stuart PR. 2013. Scenario-based strategic supply chain design and analysis for the forest biorefinery using an operational supply chain model. *International Journal of Production Economics*. 144(2013): 618-634.
- Marimin, Adhi W, Darmawan MA. 2017. Decision support system for natural rubber supply chain management performance measurement: A sustainable balanced scorecard approach. *Int J Supply Chain Manag*. 6(2):60–74.
- Martin LL. 2007. Performance-based contracting for human services: A proposed model. *Public Administration Quarterly*. 31(2): 130 – 151.
- Marufuzzaman M, Eksioğlu SD, Huang Y. 2014. Two-stage stochastic programming supply chain model for biodiesel production via wastewater treatment. *Computers & Operations Research*. 49(2014): 1-17. doi: 10.1016/j.cor.2014.03.010.
- Maulani F, Suraji A, Istijono B. 2014. Analisis struktur rantai pasok konstruksi pada pekerjaan jembatan. *Jurnal Rekayasa Sipil*. Volume 10 No.2.
- Meng Q, Li Z, Liu H, Chen J. 2017. Agent-based simulation of competitive performance for supply chains based on combined contracts. *International Journal of Production Economics*. doi: 10.1016/j.ijpe.2017.08.031.
- Miller S, John R. 2010. An Interval Type-2 Fuzzy multiple echelon supply chain model. *Knowledge-Based Systems*. 23(2010): 363-368. doi: 10.1016/j.knsys.2009.11.016.
- Mohammad J, Masoumeh KZ, Michel G. 2020. Dynamic reverse supply chain network design under uncertainty: mathematical modeling and solution algorithm. *International Transactions In Operational Research*. 28(6).
- Mohd SAK, Iqbal A. 2019. Herbal Medicine: Current Trends and Future Prospects. *New Look to Phytomedicine*. Chapter 1.
- Oluyemisi FK, Henry OE, Peter OA. 2012. Standardization of herbal medicines - A review. *International Journal of Biodiversity and Conservation*. Vol. 4(3), pp. 101-112. doi: 10.5897/IJBC11.163.
- Onlamoon N, Noisakran S, Hsiao HM, Duncan A, Villinger F, Ansari AA, Perng GC. 2010. Dengue virus-induced hemorrhage in a nonhuman primate model. *Blood*. 115(9):1823-1834. doi:10.1182/blood-2009-09-241990.
- Paksoy T, Chang CT. 2010. Revised multi-choice goal programming for multi-period, multi-stage inventory controlled supply chain model with popup stores in Guerrilla marketing. *Applied Mathematical Modelling*. 34(2010): 3586-3598.
- Pal B, Sana SS, Chaudhuri K. 2012. A multi-echelon supply chain model for reworkable items in multiple-markets with supply disruption. *Economic Modelling*. 29(2012): 1891-1898. doi: 10.1016/j.econmod.2012.06.005.
- Parhusip HA. 2014. Optimasi Taklinear. *Tisara Grafika*.
- Pandian V. 2015. Handbook of Research on Artificial Intelligence Techniques and Algorithms (2 Volumes). University of Technology Petronas, Malaysia.

- Peidro D, Mula J, Poler R, Verdegay JL. 2009. Fuzzy optimization for supply chain planning under supply, demand and process uncertainties. *Fuzzy Sets and Systems*. 160(18): 2640 – 2657.
- Pezhman G, Chao W, Ming KL. 2019. Sustainable supply chain modeling and analysis: Past debate, present problems and future challenges. *Resources, Conservation & Recycling*. 140: 72 – 84.
- Pishvae MS, Rabbani M, Torabi SA. 2011. A robust optimization approach to closed-loop supply chain network design under uncertainty. *Applied Mathematical Modelling*. 35(2): 637 – 649.
- Pishvae MS, Razmi J. 2012. Environmental supply chain network design using multi-objective fuzzy mathematical programming. *Applied Mathematical Modelling*. 36(8): 3433 – 3446.
- Pochampally KK, Gupta SM, Govindan K. 2009. Metrics for performance measurement of a reverse/closed-loop supply chain. *Int. J. Bus. Perform. Supply Chain Model*. 1 (1), 8e32.
- Posadzki P, Watson LK, Ernst E. 2013. Adverse effects of herbal medicines: an overview of systematic reviews. *Royal College of Physicians*. 13(2013): 1-7. doi: 10.7861/clinmedicine.13-1-7.
- Rabindranath B dan Arshinder K. 2015. Allocation of external returns of different quality grades to multiple stages of a closed loop supply chain. *Journal of Manufacturing Systems*. 37(3):692-702
- Rabindranath B, Arshinder K, RK Amit. 2018. Price optimization of multi-stage remanufacturing in a closed loop supply chain. *Journal of Cleaner Production*. 186(6):943-962.
- Ramezani M, Bashiri M, Tavakkoli MR. 2013. A robust design for a closed-loop supply chain network under an uncertain environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. 66(5 – 8): 825 – 843.
- Russell K, Peter N. 2015. Artificial Intelligence: A Modern Approach. *Pearson*. 3(2009): 43.
- Sana SS, Chedid JA, Navarro KS. 2014. A three layer supply chain model with multiple suppliers, manufacturers and retailers for multiple items. *Applied Mathematics and Computation*. 229(2014): 139-150. doi: 10.1016/j.amc.2013.12.006.
- Sargent RG. 2013. Verification and validation of simulation models. *J Simul*. 7(1):12–24. doi:10.1057/jos.2012.20.
- Sarkar B, Ganguly B, Sarkar M, Pareek S. 2016. Effect of variable transportation and carbon emission in a three-echelon supply chain model. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. 91(2016): 112-128. doi: 10.1016/j.tre.2016.03.018.
- Sarkar B, Majumder A. 2013. Integrated vendor – buyer supply chain model with vendor ’ s setup cost reduction. *Applied Mathematics and Computation*. 224(2013): 362-371. doi: 10.1016/j.amc.2013.08.072.
- Schipmann C, Qaim M. 2011. Supply chain differentiation, contract agriculture, and farmers’ marketing preferences: The case of sweet pepper in Thailand. *Food Policy*. 36(5): 667-677. doi: 10.1016/j.foodpol.2011.07.004.

- Schroeder A, Bauer SS, Wirsing M. 2011. A contract-based approach to adaptivity. *The Journal of Logic and Algebraic Programming*. 80(2011): 180 - 193.
- Sea-lim K, Plianpho C, Sukmake P, Pongcharoenkiat W, Chinda T. 2016. Feasibility study of reverse logistic of steel waste in the construction industry. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*. SJST-2016-0190.R2 Chinda, pp. 6.
- K. Selviaridis K, Wynstra F. 2015. Performance-based contracting: a literature review and future research directions” . *International Journal of Production Research*. doi: 10.1080/00207543.2014.978031.
- Sharma A, Shanker C, Tyagi LK, Singh M, Rao C. 2008. Herbal medicine for market potential in India: an overview. *Academic Journal of Plant Sciences*. 1 (2): 26-36.
- Shyamal AK, Pal M. Triangular fuzzy metrics. 2007. *Iranian Journal of Fuzzy Systems*. Vol. 4, No.1, pp. 75-87.
- Simangunsong E, Hendry LC, Stevenson M. 2012. Supply chain uncertainty: A review and theoretical. *International Journal of Production Research*. 50:16, 4493-4523. doi: 10.1080/00207543.2011.613864.
- Simangunsong E, Hendry LC, Stevenson M. 2016. Managing supply chain uncertainty with emerging ethical issues. *International Journal of Operations & Production Management*. Vol.36, Issue: 10, pp. 1272-1307. doi: 10.1108/IJOPM-12-2014-0599.
- Simchi-Levi D, Kaminsky P, Simchi-Levi E. 2004 Managing the Supply Chain: the Definitive Guide for the Business Professional. *McGraw-Hill*. New York.
- Soo A, Oo BL. 2014. The effect of construction demand on contract auctions: an experiment. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 21(3): 276 - 290. doi: 10.1108/ECAM-01-2013-0010.
- Stiehl V, Raw R, Smith P. 2014. Process-driven applications with BPMN. Volume ke-9783319072.
- Tabrizi BH, Razmi J. 2013. Introducing a mixed-integer non-linear fuzzy model for risk management in designing supply chain networks. *Journal of Manufacturing Systems (JMSY)*. 32(2): 295 - 307.
- Thomas D, Griffin P. 1996. Coordinated supply chain management. *European Journal of Operational Research*. 94 (1) (1996) 1 - 15.
- Thomas M, Alexander T, Malcolm D, McCulloch. 2019. Bilateral Contract Networks for Peer-to-Peer Energy Trading. *Transactions on smart grid*. Vol. 10, NO. 2.
- Tzu AC, ZH Che, dan Zhihua C. 2014. Designing a Multistage Supply Chain in Cross-Stage Reverse Logistics Environments: Application of Particle Swarm Optimization Algorithms. *The Scientific World Journal*. 2014(2).
- Van Der Vorst JG. 2006. Chapter 2: Performance Measurement in Agri-Food Supply Chain Networks, An Overview. *Quantifying agri-food supply Chain.*, siap terbit.
- Vorst V, Beulens AJM. 2002. Identifying sources of uncertainty to generate supply chain redesign strategies. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*. 32 (6), 409 - 430.

- White SA, Miers D. 2008. BPM Modeling - Develop rigorous yet understandable graphical representations of business processes.
- Wasson CS. Analisis Sistem, Desain, dan Pengembangan: Konsep, Prinsip, dan Praktik. Kanada: John Wiley & Sons, inc, 2006.
- [WHO] World Health Organization. 2009. Dengue and dengue haemorrhagic fever [internet]. [diacu 2009 Mei 6]. Tersedia dari: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs117/en/index.html>.
- Widowati W, Jasaputra DK, Wargasetia TL, Eltania TF, Azizah AM, Subangkit M, Lister INE, Ginting CN, Girsang E, Faried A. 2020. Apoptotic potential of secretome from interleukin-induced natural killer cells toward breast cancer cell line by transwell assay. *HAYATI J Biosci.* 27(3):186–196. doi:10.4308/hjb.27.3.186.
- Willem K, Maarten H, Ward R. 2020. Stochastic programming, Modeling Decision Problems Under Uncertainty. Springer.
- Winkler H. 2011. Closed-loop production systems: a sustainable supply chain approach. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology.* 4(3): 243 – 246.
- Xu G, Dan B, Zhang X, Liu C. 2014. Coordinating a dual-channel supply chain with risk-averse under a two-way revenue sharing contract. *International Journal of Production Economics.* 147(A): 171-179. doi: 10.1016/j.ijpe.2013.09.012.
- Yuswanto M, Marimin, Haryanto T. 2014. Intelligence decision support system model for green supply chain management of herbal ' s medicine. *Jurnal Ilmu Komputer Agri-Informatika.* Vol.3, No.2, hal. 102-111.
- Zadeh LA. 1965. Fuzzy set. *Information and Control.* 8, 338-353.
- Zeballos LJ, Mendez CA, Barbosa PAP, Novais AQ. 2014. *Multi-period design and planning of closed-loop supply chains with uncertain supply and demand.* Computers & Chemical Engineering. 66: 151 – 164.
- Zhang J, Wider B, Shang H, Li X, Ernst E. 2012. Quality of herbal medicines: Challenges and solutions. *Complementary Therapies in Medicine.* 20, 100-106. doi: 10.1016/j.ctim.2011.09.004.
- Zhang WG, Fu J, Li H, Xu W. 2012. Coordination of supply chain with a revenue-sharing contract under demand disruptions when retailers compete. *International Journal of Production Economics.* 138(1): 68-75. doi: 10.1016/j.ijpe.2012.03.001.
- Zhang Y, Huang GH, He L. 2014. A multi-echelon supply chain model for municipal solid waste management system. *Waste Management.* 34(2014): 553-561. doi: 10.1016/j.wasman.2013.10.002.
- Zhao Y, Meng X, Wang S, Cheng TCE. 2016. Contract analysis and design for supply chains with stochastic demand. Springer, *International Series in Operations Research & Management Science*, Vol. 234.
- Zhou SX, Tao Z, Zhang N, Cai G. 2016. Procurement with reverse auction and flexible noncompetitive contracts. *Decision Sciences.* 47(3):554-581.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Kuesioner identifikasi aspek proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ke pihak pemasok



KUESIONER PENELITIAN

I. IDENTIFIKASI PROSES BISNIS RANTAI PASOK BALIK MULTISTAHAP AGROINDUSTRI HERBAL

Panduan Muatan Kuesioner :

1. Kegiatan : Identifikasi aspek proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 1.
2. Tujuan : Mendesain model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 1.
3. Teknik pengumpulan data : Responden/pakar sengaja (*purposive*).
4. Kualifikasi responden/pakar :
 - Penyuluh: Berpengalaman minimal 5 tahun pada rantai pasok agroindustri herbal, strata pendidikan minimal sarjana (S1).
 - Praktisi : Berpengalaman minimal 5 tahun, pada bidang pasokan bahan baku agroindustri herbal.
5. Jumlah responden/pakar :
 - Penyuluh : 2 orang
 - Praktisi : Pemasok 2 orang
6. Metode : Wawancara (*deep interview*)
7. Alat bantu : Recorder, *block note*, alat tulis.
8. Panduan Diskusi :
 - Nama Responden :
 - Hari/Tanggal :
 - Pukul :-..... WIB
 - Tempat :
 - Materi : Aspek proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 1.
 - Daftar pertanyaan :
 - 1) Menurut bapak/ibu terdiri dari siapa saja pemasok bahan baku agroindustri herbal?
 - 2) Aktivitas apa saja yang dilakukan oleh pemasok bahan baku produk herbal dan hubungannya dengan aktor/pelaku rantai pasok lainnya?
 - 3) Variabel keputusan apa saja yang ada dalam transaksi jual beli bahan baku produk herbal?

- 4) Permasalahan apa saja yang ada dalam aliran pasokan bahan baku produk herbal?

Lampiran 2 Kuesioner identifikasi aspek proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ke pihak pabrik/agroindustri



KUESIONER PENELITIAN

II. IDENTIFIKASI PROSES BISNIS RANTAI PASOK BALIK MULTISTAHAP AGROINDUSTRI HERBAL TAHAP 2

Panduan Muatan Kuesioner :

1. Kegiatan : Identifikasi aspek proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 2.
2. Tujuan : Mendesain model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 2.
3. Teknik pengumpulan data : Responden/pakar sengaja (*purposive*).
9. Kualifikasi responden/pakar :
 - Penyuluh: Berpengalaman minimal 5 tahun pada rantai pasok agroindustri herbal, strata pendidikan minimal sarjana (S1).
 - Praktisi : Berpengalaman minimal 5 tahun, pada bidang proses produksi bahan baku agroindustri herbal.
10. Jumlah responden/pakar :
 - Penyuluh : 2 orang
 - Praktisi : Pabrik sebanyak 2 orang
6. Metode : Wawancara (*deep interview*)
7. Alat bantu : Recorder, *block note*, alat tulis.
8. Panduan Diskusi :
 - Nama Responden :
 - Hari/Tanggal :
 - Pukul :-..... WIB
 - Tempat :
 - Materi : Aspek proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 2.
 - Daftar pertanyaan :
 - 1) Menurut bapak/ibu terdiri dari siapa saja pelaku rantai pasok agroindustri herbal?
 - 2) Bagaimanakah struktur hierarki rantai pasok agroindustri herbal?
 - 3) Berapakah jumlah pelaku rantai pasok agroindustri herbal?
 - 4) Aktivitas apa saja yang dilakukan oleh pihak pabrik/agroindustri herbal dan hubungannya dengan aktor/pelaku rantai pasok lainnya?
 - 5) Proses apa saja yang terjadi di dalam rantai produksi produk herbal?

- 6) Bahan baku apa saja yang dibutuhkan?
- 7) Kualitas bahan baku yang bagaimana yang dibutuhkan dalam melakukan proses produksi?
- 8) Produk herbal apa saja yang diproduksi?
- 9) Menurut bapak/ibu terdiri dari jenis apa saja *reverse logistics* yang ada pada proses produksi produk herbal?
- 10) Bagaimanakah proses *reverse logistics* yang terjadi?
- 11) Apakah *reverse logistics* pada rantai pasok herbal mampu meningkatkan nilai tambah produk?
- 12) Apakah proses bisnis rantai pasok herbal sama untuk setiap produk herbal?
- 13) Bagaimanakah perbedaannya utamanya dalam hal *reverse logistics*?

Lampiran 3 Kuesioner identifikasi aspek proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ke pihak distributor



KUESIONER PENELITIAN

III. IDENTIFIKASI PROSES BISNIS RANTAI PASOK BALIK MULTISTAHAP AGROINDUSTRI HERBAL

Panduan Muatan Kuesioner :

1. Kegiatan : Identifikasi aspek proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 3.
2. Tujuan : Mendesain model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 3.
3. Teknik pengumpulan data : Responden/pakar sengaja (*purposive*).
4. Kualifikasi responden/pakar :
 - Penyuluh: Berpengalaman minimal 5 tahun pada rantai pasok agroindustri herbal, strata pendidikan minimal sarjana (S1).
 - Praktisi : Berpengalaman minimal 5 tahun, pada bidang distribusi produk herbal.
5. Jumlah responden/pakar :
 - Penyuluh : 2 orang
 - Praktisi : Distributor sebanyak 2 orang
6. Metode : Wawancara (*deep interview*)
7. Alat bantu : Recorder, *block note*, alat tulis.
8. Panduan Diskusi :
 - Nama Responden :
 - Hari/Tanggal :
 - Pukul :-..... WIB
 - Tempat :
 - Materi : Aspek proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 3.
 - Daftar pertanyaan :
 - 1) Menurut bapak/ibu terdiri dari siapa saja pelaku rantai pasok agroindustri herbal?
 - 2) Aktivitas apa saja yang dilakukan oleh distributor pada tahap distribusi produk herbal dan bagaimana hubungannya dengan aktor/pelaku rantai pasok lainnya?
 - 3) Variabel keputusan apa saja yang ada dalam setiap jenis pelaku rantai pasok herbal?

- 4) Menurut bapak/ibu terdiri dari jenis apa saja *reverse logistics* yang ada pada tahapan distribusi rantai pasok herbal?
- 5) Menurut bapak/ibu bagaimanakah proses *reverse logistics* yang terjadi pada tahapan distribusi rantai pasok herbal?
- 6) Apakah *reverse logistics* pada rantai pasok herbal mampu meningkatkan nilai tambah produk?

Lampiran 4 Kuesioner identifikasi aspek ketidakpastian stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal ke pihak pemasok



KUESIONER PENELITIAN

IV. IDENTIFIKASI ASPEK KETIDAKPASTIAN STOKASTIK *HYBRID FUZZY* MULTITAHAP RANTAI PASOK BALIK AGROINDUSTRI HERBAL

Panduan Muatan Kuesioner :

1. Kegiatan : Identifikasi aspek ketidakpastian stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal tahap 1.
2. Tujuan : Mendesain model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal tahap 1.
3. Teknik pengumpulan data : Responden/pakar sengaja (*purposive*).
4. Kualifikasi responden/pakar :
 - Penyuluh: Berpengalaman minimal 5 tahun pada rantai pasok agroindustri herbal, strata pendidikan minimal sarjana (S1).
 - Praktisi : Berpengalaman minimal 5 tahun, pada bidang pasokan bahan baku agroindustri herbal.
5. Jumlah responden/pakar :
 - Penyuluh : 2 orang
 - Praktisi : Pemasok sebanyak 2 orang
6. Metode : Wawancara (*deep interview*)
7. Alat bantu : Recorder, *block note*, alat tulis.
8. Panduan Diskusi :
 - Nama Responden :
 - Hari/Tanggal :
 - Pukul :-.....WIB
 - Tempat :
 - Materi : Aspek ketidakpastian stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal tahap 1.
 - Daftar pertanyaan :
 - 1) Faktor ketidakpastian apa saja yang terjadi pada tahap pemasokan bahan baku produk herbal?
 - 2) Apa sajakah dampak faktor ketidakpastian bahan baku terhadap kinerja rantai pasok herbal?

- 3) Berapakah probabilitas ketidakpastian/perubahan ketersediaan/pengiriman pasokan bahan baku kepada pabrikan?
- 4) Apa sajakah jenis bahan baku produk herbal?
- 5) Darimana sajakah pasokan bahan baku produk herbal diperoleh?
- 6) Biaya apa saja yang terjadi pada pemasokan bahan baku herbal?
- 7) Berapakah jumlah permintaan produk herbal dari pabrikan?
- 8) Bagaimanakah standar kualitas bahan baku produk herbal yang ada di pasaran?
- 14) Bagaimanakah kualitas bahan baku produk herbal?

Lampiran 5 Kuesioner identifikasi aspek ketidakpastian stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal ke pihak pabrikan



KUESIONER PENELITIAN

V. IDENTIFIKASI ASPEK KETIDAKPASTIAN STOKASTIK *HYBRID FUZZY* MULTITAHAP RANTAI PASOK BALIK AGROINDUSTRI HERBAL

Panduan Muatan Kuesioner :

1. Kegiatan : Identifikasi aspek ketidakpastian stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal tahap 2.
2. Tujuan : Mendesain model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal tahap 2.
3. Teknik pengumpulan data : Responden/pakar sengaja (*purposive*).
4. Kualifikasi responden/pakar :
 - Penyuluh: Berpengalaman minimal 5 tahun pada rantai pasok agroindustri herbal, strata pendidikan minimal sarjana (S1).
 - Praktisi : Berpengalaman minimal 5 tahun, pada bidang proses produksi produk herbal.
5. Jumlah responden/pakar :
 - Penyuluh : 2 orang
 - Praktisi : Pabrikan 2 orang
6. Metode : Wawancara (*deep interview*)
7. Alat bantu : Recorder, *block note*, alat tulis.
8. Panduan Diskusi :
 - Nama Responden :
 - Hari/Tanggal :
 - Pukul :-.....WIB
 - Tempat :
 - Materi : Aspek ketidakpastian stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal tahap 2.
 - Daftar pertanyaan :
 - 1) Faktor ketidakpastian apa saja yang terjadi pada tahapan produksi produk herbal?
 - 2) Apa sajakah dampak faktor ketidakpastian produksi produk herbal terhadap kinerja rantai pasok herbal?

- 3) Berapakah probabilitas ketidakpastian/perubahan hasil produksi produk herbal?
- 4) Bagaimana probabilitas rendemen produksi produk herbal?
- 5) Bagaimanakah turunan produksi produk herbal?
- 6) Berapakan kuantitas dan kualitas limbah yang dihasilkan dari proses produksi produk herbal?
- 7) Berapakah jumlah permintaan produk herbal dari konsumen?
- 8) Berapakan kuantitas dan kualitas produk *reverse* produk herbal?

Lampiran 6 Kuesioner identifikasi aspek ketidakpastian stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal ke pihak distributor



KUESIONER PENELITIAN

VI. IDENTIFIKASI ASPEK KETIDAKPASTIAN STOKASTIK *HYBRID FUZZY* MULTISTAHAP RANTAI PASOK BALIK AGROINDUSTRI HERBAL

Panduan Muatan Kuesioner :

1. Kegiatan : Identifikasi aspek ketidakpastian stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal tahap 3.
2. Tujuan : Mendesain model formulasi optimasi stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal tahap 3.
3. Teknik pengumpulan data : Responden/pakar sengaja (*purposive*).
4. Kualifikasi responden/pakar :
 - Penyuluh: Berpengalaman minimal 5 tahun pada rantai pasok agroindustri herbal, strata pendidikan minimal sarjana (S1).
 - Praktisi : Berpengalaman minimal 5 tahun, pada bidang distribusi produk herbal.
5. Jumlah responden/pakar :
 - Penyuluh : 2 orang
 - Praktisi : Distributor 2 orang
6. Metode : Wawancara (*deep interview*)
7. Alat bantu : Recorder, *block note*, alat tulis.
8. Panduan Diskusi :
 - Nama Responden :
 - Hari/Tanggal :
 - Pukul :-.....WIB
 - Tempat :
 - Materi : Aspek ketidakpastian stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal tahap 3.
 - Daftar pertanyaan :
 - 1) Faktor ketidakpastian apa saja yang terjadi pada tahapan distribusi produk herbal?
 - 2) Apa sajakah dampak faktor ketidakpastian distribusi produk herbal terhadap kinerja rantai pasok herbal?

- 3) Berapakah probabilitas ketidakpastian/perubahan distribusi produk herbal?
- 4) Bagaimanakah rute pengiriman/distribusi produk herbal?
- 5) Berapakah ongkos distribusi produk herbal?

Lampiran 7 Kuesioner identifikasi aspek kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ke pihak pemasok



KUESIONER PENELITIAN

VII. IDENTIFIKASI ASPEK KONTRAK ADAPTIF RANTAI PASOK BALIK MULTISTAHAP AGROINDUSTRI HERBAL

Panduan Muatan Kuesioner :

1. Kegiatan : Identifikasi aspek kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 1.
2. Tujuan : Mendesain model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 1.
3. Teknik pengumpulan data : Responden/pakar sengaja (*purposive*).
4. Kualifikasi responden/pakar :
 - Penyuluh: Berpengalaman minimal 5 tahun pada rantai pasok agroindustri herbal, strata pendidikan minimal sarjana (S1).
 - Praktisi : Berpengalaman minimal 5 tahun, pada bidang pasokan bahan baku agroindustri herbal.
5. Jumlah responden/pakar :
 - Penyuluh : 2 orang
 - Praktisi : Pemasok sebanyak 2 orang
6. Metode : Wawancara (*deep interview*)
7. Alat bantu : Recorder, *block note*, alat tulis.
8. Panduan Diskusi :
 - Nama Responden :
 - Hari/Tanggal :
 - Pukul :-..... WIB
 - Tempat :
 - Materi : Variabel kontrak adaptif multistahap agroindustri herbal tahap 1 beserta besarannya.
 - Daftar pertanyaan :
 - 1) Menurut bapak/ibu pentingkah kontrak dilakukan antara pemasok dan agroindustri herbal?
 - 2) Sebutkan alasannya?
 - 3) Menurut bapak/ibu efektifkah kontrak yang telah dilakukan selama ini?
 - 4) Sebutkan alasannya?

- 5) Faktor-faktor apa saja yang perlu diperbaiki dalam desain kontrak yang diberlakukan selama ini?
- 6) Bersediakah bapak/ibu berbagi informasi terkait dengan ongkos produksi bahan baku per periode produksi?
- 7) Bersediakah bapak/ibu terlibat dalam kontrak adaptif?
- 8) Bersediakah bapak/ibu menanggung resiko kegagalan produksi bahan baku bila besaran keberhasilan di bawah angka perkiraan dengan kompensasi nilai bagi hasil tertentu bila besaran keberhasilan lebih dari nilai perkiraan?
- 9) Berapakah permintaan pasar terhadap bahan baku herbal?
- 10) Berapakah harga pasar terendah untuk bahan baku?
- 11) Berapakah harga pasar tertinggi untuk bahan baku?
- 12) Bersediakah bapak/ibu bila pembayaran tidak melebihi harga tertinggi di pasaran?
- 13) Berapakah probabilitas pemasok tetap eksis sepanjang periode operasi?
- 14) Berapakah probabilitas keberhasilan produksi bahan baku sepanjang periode operasi?
- 15) Bersediakah bapak/ibu memenuhi aturan penalti apabila pemesanan tidak dapat terpenuhi?
- 16) Berapakah ongkos awal bibit bahan baku sepanjang periode operasi?
- 17) Berapakah harga beli kembali bahan baku oleh pabrikan sepanjang periode operasi?

Lampiran 8 Kuesioner identifikasi aspek kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ke pihak pabrikan



KUESIONER PENELITIAN

VIII. IDENTIFIKASI ASPEK KONTRAK ADAPTIF RANTAI PASOK BALIK MULTISTAHAP AGROINDUSTRI HERBAL

Panduan Muatan Kuesioner :

1. Kegiatan : Identifikasi aspek kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 2.
2. Tujuan : Mendesain model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 2.
3. Teknik pengumpulan data : Responden/pakar sengaja (*purposive*).
4. Kualifikasi responden/pakar :
 - Penyuluh: Berpengalaman minimal 5 tahun pada rantai pasok agroindustri herbal, strata pendidikan minimal sarjana (S1).
 - Praktisi : Berpengalaman minimal 5 tahun pada bidang proses produksi produk herbal.
5. Jumlah responden/pakar :
 - Penyuluh : 2 orang
 - Praktisi : Pabrikan 2 orang
6. Metode : Wawancara (*deep interview*)
7. Alat bantu : Recorder, *block note*, alat tulis.
8. Panduan Diskusi :
 - Nama Responden :
 - Hari/Tanggal :
 - Pukul :-.....WIB
 - Tempat :
 - Materi : Variabel kontrak adaptif multistahap agroindustri herbal tahap 2 beserta besarannya.
 - Daftar pertanyaan :
 - 1) Menurut bapak/ibu pentingkah kontrak dilakukan antara pemasok dan agroindustri herbal?
 - 2) Sebutkan alasannya?
 - 3) Menurut bapak/ibu efektifkah kontrak yang telah dilakukan selama ini?
 - 4) Sebutkan alasannya?

- 5) Faktor-faktor apa saja yang perlu diperbaiki dalam desain kontrak yang diberlakukan selama ini?
- 6) Bersediakah bapak/ibu berbagi informasi terkait dengan ongkos produksi produk herbal per periode produksi?
- 7) Bersediakah bapak/ibu terlibat dalam kontrak adaptif?
- 8) Bersediakah bapak/ibu menanggung resiko kegagalan produksi produk herbal bila besaran keberhasilan di bawah angka perkiraan dengan kompensasi nilai bagi hasil tertentu bila besaran keberhasilan lebih dari nilai perkiraan?
- 9) Berapakah permintaan distributor terhadap produk herbal?
- 10) Berapakah harga pasar terendah pada distributor untuk produk herbal?
- 11) Berapakah harga pasar tertinggi pada distributor untuk produk herbal?
- 12) Bersediakah bapak/ibu bila pembayaran tidak melebihi harga tertinggi di pasaran?
- 13) Berapakah probabilitas pabrikan tetap eksis sepanjang periode operasi?
- 14) Berapakah probabilitas keberhasilan produksi produk herbal sepanjang periode operasi?
- 15) Bersediakah bapak/ibu memenuhi aturan penalti apabila pemesanan produk herbal oleh distributor tidak dapat terpenuhi?
- 16) Berapakah ongkos produksi produk herbal sepanjang periode operasi?
- 17) Berapakah harga beli kembali produk herbal oleh distributor sepanjang periode operasi?

Lampiran 9 Kuesioner identifikasi aspek kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal ke pihak distributor



KUESIONER PENELITIAN

IX. IDENTIFIKASI ASPEK KONTRAK ADAPTIF RANTAI PASOK BALIK MULTISTAHAP AGROINDUSTRI HERBAL

Panduan Muatan Kuesioner :

1. Kegiatan : Identifikasi aspek kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 3.
2. Tujuan : Mendesain model kontrak adaptif rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal tahap 3.
3. Teknik pengumpulan data : Responden/pakar sengaja (*purposive*).
4. Kualifikasi responden/pakar :
 - Penyuluh: Berpengalaman minimal 5 tahun pada rantai pasok agroindustri herbal, strata pendidikan minimal sarjana (S1).
 - Praktisi : Berpengalaman minimal 5 tahun, pada bidang distribusi produk herbal.
5. Jumlah responden/pakar :
 - Penyuluh : 2 orang
 - Praktisi : Distributor sebanyak 2 orang
6. Metode : Wawancara (*deep interview*)
7. Alat bantu : Recorder, *block note*, alat tulis.
8. Panduan Diskusi :
 - Nama Responden :
 - Hari/Tanggal :
 - Pukul :-..... WIB
 - Tempat :
 - Materi : Variabel kontrak adaptif rantai pasok multistahap agroindustri herbal tahap 3 beserta besarannya.
 - Daftar pertanyaan :
 - 1) Menurut bapak/ibu pentingkah kontrak dilakukan antara pemasok dan agroindustri herbal?
 - 2) Sebutkan alasannya?
 - 3) Menurut bapak/ibu efektifkah kontrak yang telah dilakukan selama ini?
 - 4) Sebutkan alasannya?

- 5) Faktor-faktor apa saja yang perlu diperbaiki dalam desain kontrak yang diberlakukan selama ini?
- 6) Bersediakah bapak/ibu berbagi informasi terkait dengan ongkos distribusi produk herbal per periode distribusi?
- 7) Bersediakah bapak/ibu terlibat dalam kontrak adaptif?
- 8) Bersediakah bapak/ibu menanggung resiko kegagalan distribusi produk herbal bila besaran keberhasilan di bawah angka perkiraan dengan kompensasi nilai bagi hasil tertentu bila besaran keberhasilan lebih dari nilai perkiraan?
- 9) Berapakah permintaan konsumen terhadap produk herbal?
- 10) Berapakah harga pasar terendah untuk produk herbal?
- 11) Berapakah harga pasar tertinggi untuk produk herbal?
- 12) Bersediakah bapak/ibu bila pembayaran tidak melebihi harga tertinggi di pasaran?
- 13) Berapakah probabilitas distributor tetap eksis sepanjang periode operasi?
- 14) Berapakah probabilitas keberhasilan distribusi produk herbal sepanjang periode distribusi?
- 15) Bersediakah bapak/ibu memenuhi aturan penalti apabila pemesanan produk herbal oleh konsumen tidak dapat terpenuhi?
- 16) Berapakah ongkos distribusi produk herbal sepanjang periode distribusi?
- 17) Berapakah harga beli kembali produk herbal oleh konsumen sepanjang periode distribusi?

Lampiran 10 *G Form* kuesioner rantai pasok agroindustri herbal

Kuesioner Rantai Pasok Herbal

Form description

I. Nama Perusahaan

Short answer text

II. Alamat

Long answer text

III. Jenis perusahaan

Pemasok

Pabrikan

Distributor

Other...

1. Berikut ini adalah pihak-pihak yang terlibat pada rantai pasok agroindustri herbal sebelum pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

Pemasok

Pabrikan

Distributor

Konsumen

Other...

2. Berikut ini adalah pihak-pihak yang terlibat pada rantai pasok agroindustri herbal setelah pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

Pemasok

- Pabrik
- Distributor
- Konsumen
- Other...

3. Berikut ini adalah pemasok bahan baku produk herbal sebelum pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

- Pengepul
- Kebun perusahaan
- Petani langsung
- Other...

4. Berikut ini adalah pemasok bahan baku produk herbal setelah pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

- Pengepul
- Kebun perusahaan
- Petani langsung
- Other...

5. Berikut ini adalah aktivitas pada pemasok bahan baku sebelum pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

- Menerima pesanan dari pabrik
- Menyiapkan bahan baku
- Mengirim bahan baku ke pabrik
- Menerima pengembalian bahan baku dari pabrik
- Other...

6. Berikut ini adalah aktivitas pada pemasok bahan baku setelah pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

- Menerima pesanan dari pabrik
- Menyiapkan bahan baku
- Mengirim bahan baku ke pabrik
- Menerima pengembalian bahan baku dari pabrik

7. Berikut ini adalah aktivitas pada pabrikan sebelum pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

- Menerima pesanan dari distributor
- Memesan bahan baku ke pemasok
- Menerima bahan baku dari pemasok
- Mengolah bahan baku menjadi produk herbal
- Mengemas produk herbal
- Mengirim bahan baku kepada distributor
- Menerima pengembalian produk herbal dari konsumen
- Mengolah limbah dan atau pengembalian produk dari konsumen
- Other...

8. Berikut ini adalah aktivitas pada pabrikan setelah pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

- Menerima pesanan dari distributor
- Memesan bahan baku ke pemasok
- Menerima bahan baku dari pemasok
- Mengolah bahan baku menjadi produk herbal
- Mengemas produk herbal
- Mengirim bahan baku kepada distributor
- Menerima pengembalian produk herbal dari konsumen
- Mengolah limbah dan atau pengembalian produk dari konsumen
- Other...

9. Berikut ini adalah bagian yang ada pada pabrikan sebelum pandemi

- Pengadaan Bahan baku
- Gudang bahan baku
- Produksi
- Gudang Produk Jadi
- Other...

10. Berikut ini adalah bagian yang ada pada pabrikan setelah pandemi

- Pengadaan Bahan baku
- Gudang bahan baku
- Produksi
- Gudang Produk Jadi
- Other...

11. Berikut ini adalah aktivitas pada distributor sebelum pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

- Menerima produk herbal dari pabrikan
- Menyimpan produk herbal
- Mengirim ke konsumen
- Menerima pengembalian produk herbal dari konsumen
- Mengirim pengembalian produk herbal ke pabrikan/pusat daur ulang
- Other...

12. Berikut ini adalah aktivitas pada distributor setelah pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

- Menerima produk herbal dari pabrikan
- Menyimpan produk herbal
- Mengirim ke konsumen
- Menerima pengembalian produk herbal dari konsumen
- Mengirim pengembalian produk herbal ke pabrikan/pusat daur ulang
- Other...

13. Berikut ini adalah permasalahan pada rantai pasok herbal sebelum pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

- Permintaan konsumen yang belum terpenuhi
- Ketidakpastian kualitas bahan baku
- Ketidakpastian kualitas proses produksi

Kolaborasi rantai pasok

Other...

14. Berikut ini adalah permasalahan pada rantai pasok herbal setelah pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

Permintaan konsumen yang belum terpenuhi

Ketidakpastian kualitas bahan baku

Ketidakpastian kualitas proses produksi

Kolaborasi rantai pasok

Other...

15. Apakah memungkinkan diterapkan model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal

Ya

Tidak

Other...

16. Apakah memungkinkan diterapkan model formulasi optimasi stokastik hybrid fuzzy multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal.

Ya

Tidak

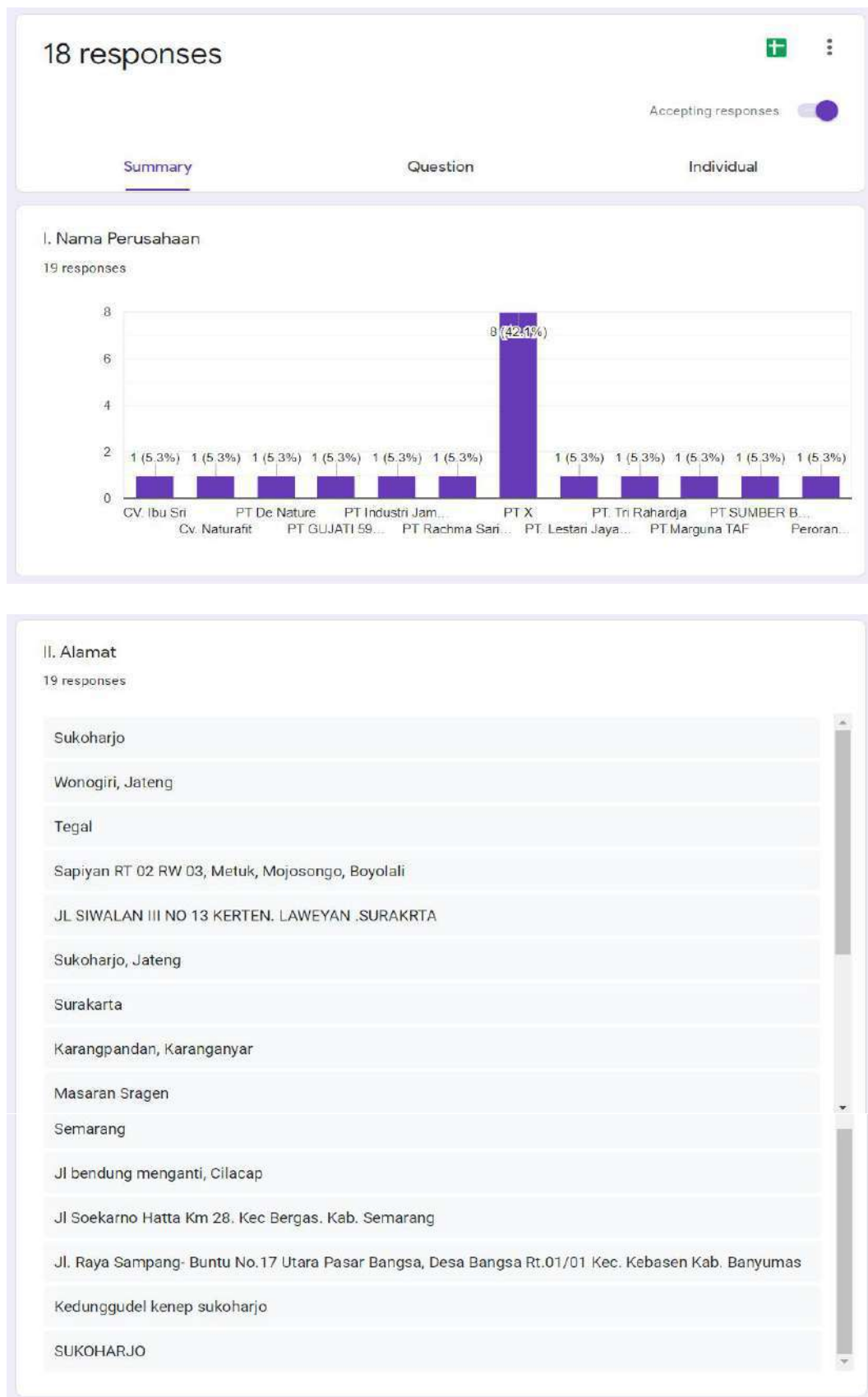
Other...

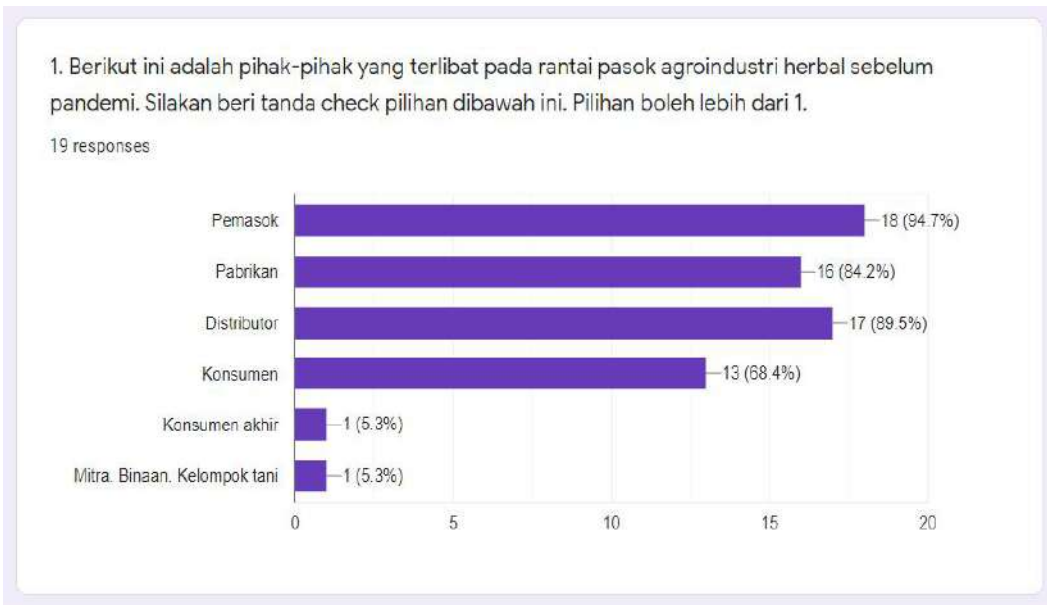
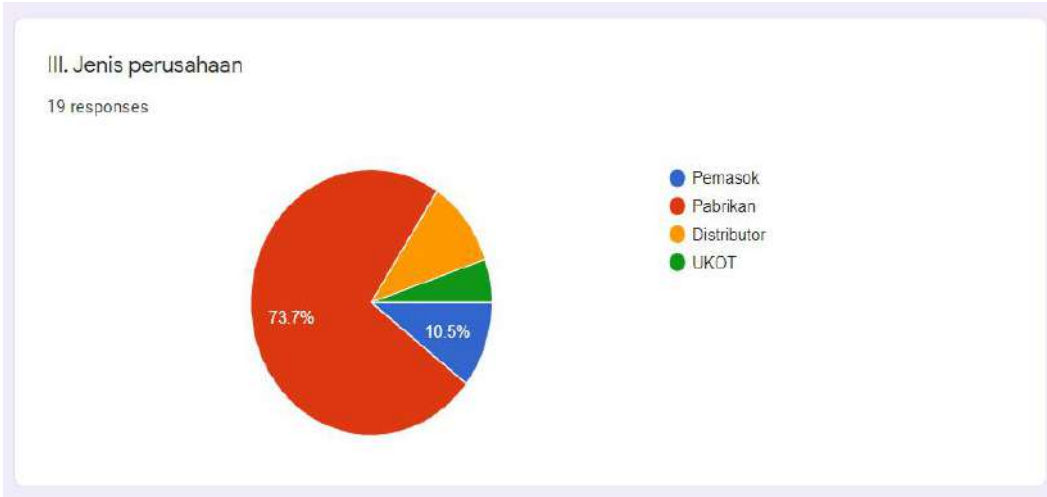
17. Apakah memungkinkan diterapkan model kontrak adaptif rantai pasok balik multi tahap agroindustri herbal.

Ya

Tidak

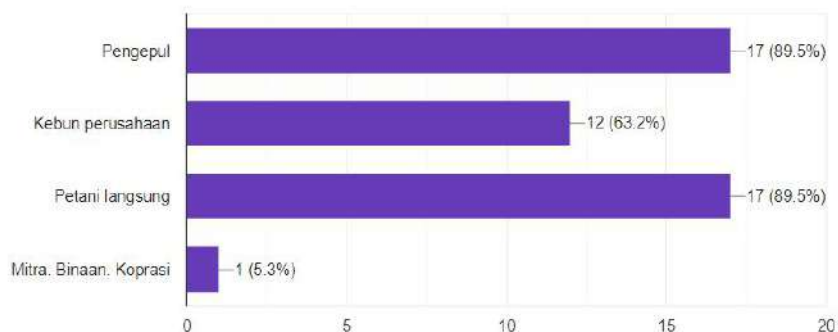
Other...

Lampiran 11 Respon/hasil *G Form* kuesioner rantai pasok herbal



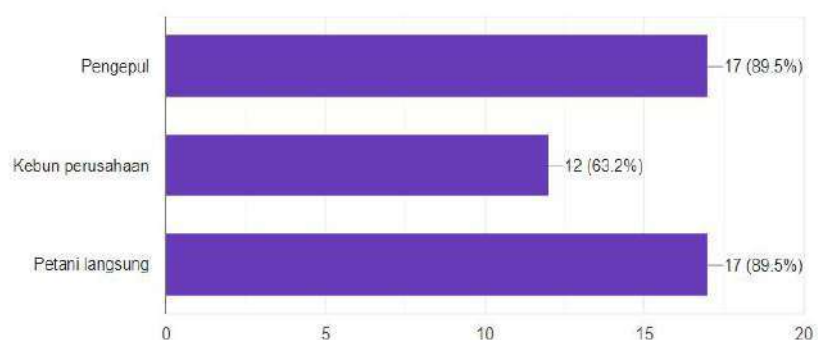
3. Berikut ini adalah pemasok bahan baku produk herbal sebelum pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

19 responses



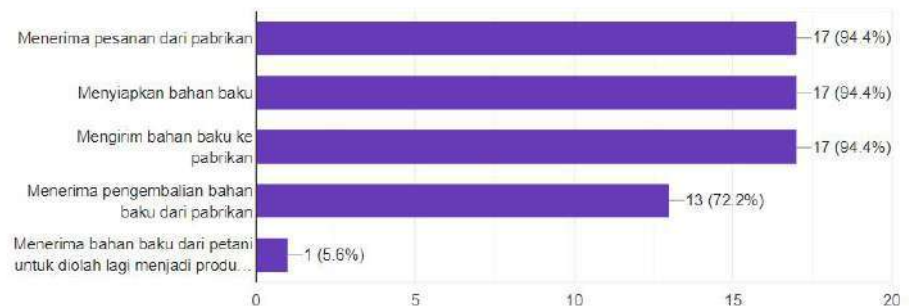
4. Berikut ini adalah pemasok bahan baku produk herbal setelah pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

19 responses



5. Berikut ini adalah aktivitas pada pemasok bahan baku sebelum pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

18 responses



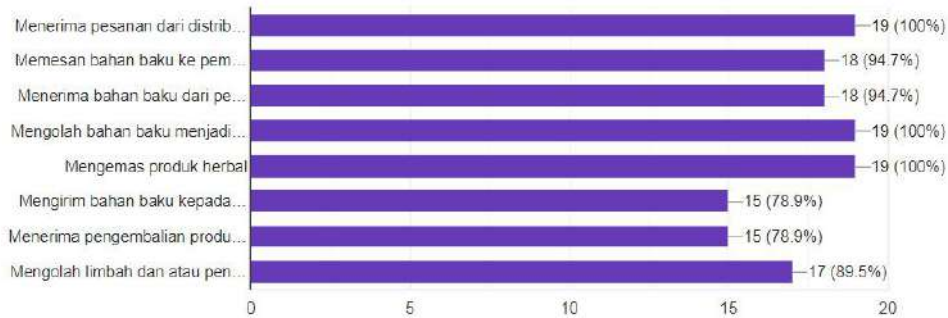
6. Berikut ini adalah aktivitas pada pemasok bahan baku setelah pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

18 responses



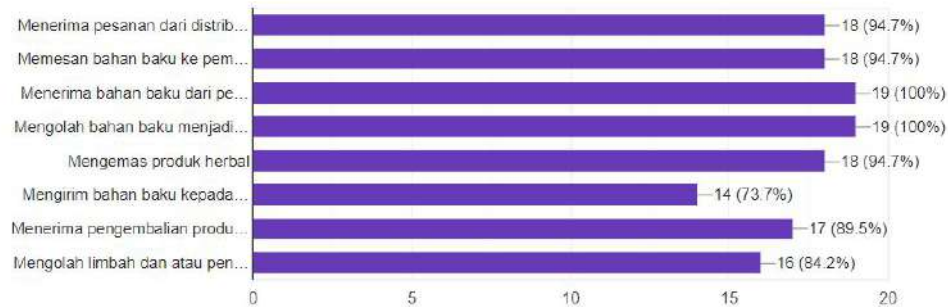
7. Berikut ini adalah aktivitas pada pabrikan sebelum pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

19 responses



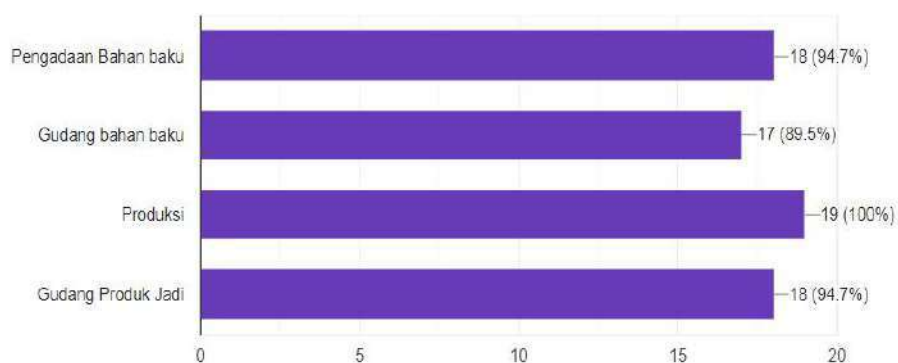
8. Berikut ini adalah aktivitas pada pabrikan setelah pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

19 responses



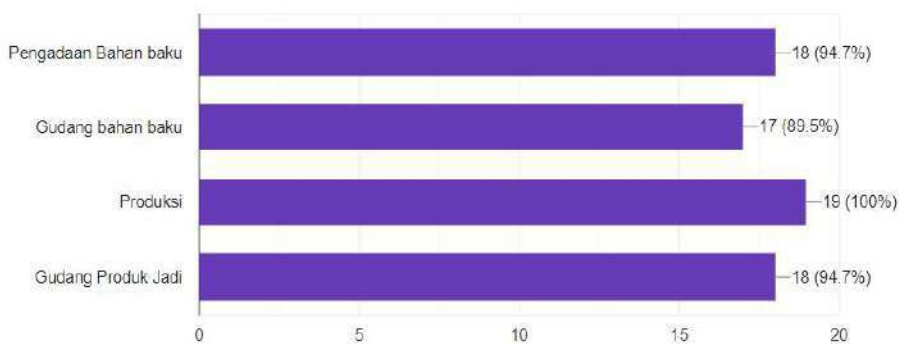
9. Berikut ini adalah bagian yang ada pada pabrikan sebelum pandemi

19 responses



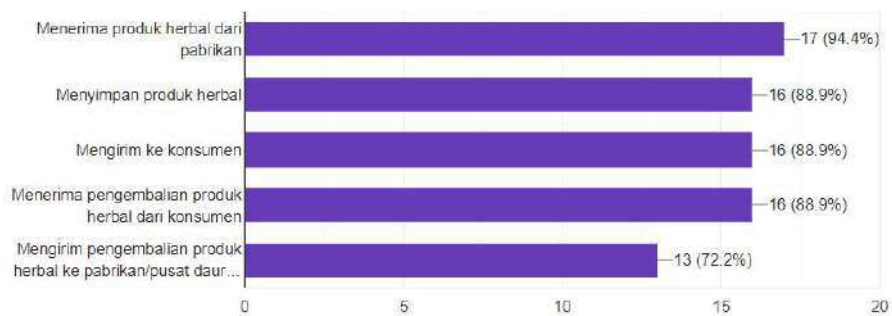
10. Berikut ini adalah bagian yang ada pada pabrikan setelah pandemi

19 responses



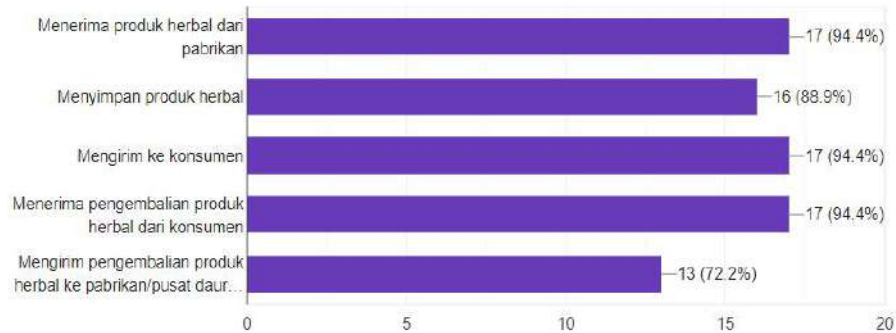
11. Berikut ini adalah aktivitas pada distributor sebelum pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

18 responses



12. Berikut ini adalah aktivitas pada distributor setelah pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

18 responses



13. Berikut ini adalah permasalahan pada rantai pasok herbal sebelum pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

19 responses



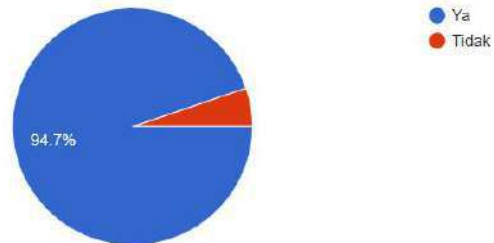
14. Berikut ini adalah permasalahan pada rantai pasok herbal setelah pandemi. Silakan beri tanda check pilihan dibawah ini. Pilihan boleh lebih dari 1.

19 responses



15. Apakah memungkinkan diterapkan model proses bisnis rantai pasok balik multistahap agroindustri herbal

19 responses



16. Apakah memungkinkan diterapkan model formulasi optimasi stokastik hybrid fuzzy multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal.

19 responses



17. Apakah memungkinkan diterapkan model kontrak adaptif rantai pasok balik multi tahap agroindustri herbal.

19 responses



Lampiran 12 Data input (matriks) ketidakpastian preferensi bahan baku 10 periode terakhir model stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal

```

/*
 * To change this license header, choose License
Headers in Project Properties.
 * To change this template file, choose Tools |
Templates
 * and open the template in the editor.
*/

/**
 *
 *
 */
public class Inputdata {
    public double [][] Matrix_Bahan_Baku={
        {37,81,70,0,30,0,0,60,86,70},
        {40,0,14,81,5,80,80,20,0,8},
        {2,2,1,2,2,2,2,2,3,0},
        {3,2,2,2,2,2,2,2,0,3},
        {10,7,7,7,7,8,8,8,8,10},
        {4,3,3,3,3,5,5,5,0,4},
        {2,2,2,2,2,1.5,1.5,2,3,3},
        {2,3,3,3,3,1.5,1.5,1,0,2}
    };
    double [][]
Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_Periode 1={
        {0,0,0,0,0,0,0,0},
        {0.36,0.40,0,0,0,0,0,0},
        {0.01,0,0.02,0,0,0,0,0},
        {0.01,0,0.02,0,0,0,0,0},
        {0,0,0,0.03,0,0,0,0},
        {0,0,0,0,0.10,0,0,0},
        {0,0,0,0,0,0.04,0,0},
        {0,0,0,0,0,0,0.02,0},
        {0,0,0,0,0,0,0,0.02}
    };
    double [][]
Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_Periode 2={
        {0.37,0,0,0,0,0,0,0},
        {0.40,0,0,0,0,0,0,0},
        {0,0,0.02,0,0,0,0,0},
        {0.01,0,0,0.02,0,0,0,0},
        {0.03,0,0,0,0.07,0,0,0},
        {0,0,0,0,0,0.03,0,0.01},
        {0,0,0,0,0,0,0.02,0},
        {0,0,0,0,0,0,0,0.02}
    };
    double [][]
Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_Periode 3={

```

```

        {0.70,0.11,0,0,0,0,0,0},
{0,0,0,0,0,0,0,0},
{0,0.01,0.01,0,0,0,0,0},
{0,0,0,0.02,0,0,0,0},
{0,0,0,0,0.07,0,0,0},
{0,0,0,0,0,0.03,0,0},
{0,0.02,0,0,0,0,0,0},
{0,0,0,0,0,0,0,0.03}
    };
    double [][]
Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_Periode 4={
    {0, 0.67, 0.01, 0, 0, 0, 0.02, 0},
    {0, 0.14, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0.01, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0.02, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0.07, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0.03, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.03}
    };
    double [][]
Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_Periode 5={
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0.3,0.51, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0.02, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0.02, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0.07, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0.03, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.02, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.03}
    };
    double [][]
Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_Periode 6={
    {0, 0.29, 0, 0, 0.01, 0, 0, 0},
    {0, 0.51, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0.02, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0.02, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0.07, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0.03, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0.005, 0.015, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0.015, 0, 0.015}
    };
    double [][]
Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_Periode 7={
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0.60, 0.20, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0.02, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0.02, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0.08, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0.05, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.015, 0},

```

```

    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.005, 0.01}
    };
    double [][]
Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_Periode 8={

    {0.60, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0.20, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0.02, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0.01, 0, 0.01, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0.08, 0, 0, 0},
    {0.05, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.02, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.01, 0}
    };
    double [][]
Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_Periode 9={

    {0.70, 0.08, 0, 0, 0.08, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0.03, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0.02, 0.04, 0, 0.02},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.03, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
    };
    double [][]
Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_Periode 10={

    {0, 0.70, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0.06, 0.02, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0.03, 0, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0.10, 0, 0, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0.04, 0, 0},
    {0, 0, 0.01, 0, 0, 0, 0.02, 0},
    {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0.02}

    };
    double [][]

```

Lampiran 13 Data input (matriks) ketidakpastian ongkos bahan baku 10 periode terakhir model stokastik *hybrid fuzzy* multistage rantai pasok balik agroindustri herbal

```

Matrix_ongkos_bahan_bahan_baku_sambiloto_10_periode={
    {20000, 20000, 19000, 19000, 19000, 20000,
22000, 22000, 20000, 20000},
    {20000, 20000, 19000, 19000, 19000, 20000, 22000,
22000, 20000, 20000},
    {16000, 16000, 16000, 16000, 16000, 16000, 16000,
16000, 16000, 16000},
    {15000, 15000, 15000, 15000, 15000, 15000, 15000,
15000, 15000, 15000},
    {16000, 16000, 15000, 15000, 15000, 16000, 18000,
18000, 16000, 16000},
    {16000, 16000, 15000, 15000, 15000, 16000, 18000,
18000, 16000, 16000},
    {14000, 14000, 14000, 14000, 14000, 14000, 14000,
14000, 14000, 14000},
    {13000, 13000, 13000, 13000, 13000, 13000, 13000,
13000, 13000, 13000}
};

double [][]
Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_Periode
1={
    {20000, 20000, 16000, 15000, 16000,
16000, 14000, 13000},
    {20000, 20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000, 20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000, 20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000, 20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000, 20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000, 20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000, 20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000}
};

double [][]
Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_Periode
2={
    {20000, 20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000, 20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
};

```



```

    {19000,19000, 16000, 15000, 15000, 15000, 14000,
13000}
};

```

```

double [][]
Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_Periode
5={
    {19000,19000, 16000, 15000, 15000, 15000, 14000,
13000},
    {19000,19000, 16000, 15000, 15000, 15000, 14000,
13000},
    {19000,19000, 16000, 15000, 15000, 15000, 14000,
13000},
    {19000,19000, 16000, 15000, 15000, 15000, 14000,
13000},
    {19000,19000, 16000, 15000, 15000, 15000, 14000,
13000},
    {19000,19000, 16000, 15000, 15000, 15000, 14000,
13000},
    {19000,19000, 16000, 15000, 15000, 15000, 14000,
13000},
    {19000,19000, 16000, 15000, 15000, 15000, 14000,
13000},
    {19000,19000, 16000, 15000, 15000, 15000, 14000,
13000}
};

```

```

double [][]
Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_Periode
6={
    {20000,20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000,20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000,20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000,20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000,20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000,20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000,20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000},
    {20000,20000, 16000, 15000, 16000, 16000, 14000,
13000}
};

```

```

double [][]
Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_Periode
7={
    {22000,22000, 16000, 15000, 18000, 18000, 14000,
13000},
    {22000,22000, 16000, 15000, 18000, 18000, 14000,
13000},

```


Lampiran 14 Data input (matriks) ketidakpastian limbah produk akhir dan *reverse* 10 periode terakhir model stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal

```

double [][]
Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_
periode1
    ={
        {1, 300000, 0, 300000, 14, 4, 12000, 246000, 42000,
10000, 0},
        {2, 0, 3500, 3500, 4, 3, 105, 3255, 140,
1000, 0},
        {3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
    };

double [][]
Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_
periode2
    ={
        {1, 120000, 0, 120000, 14, 7200, 96000, 16800,
4000, 43},
        {2, 0, 7000, 7000, 4, 280, 6440, 280,
2000, 9},
        {3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
    };

double [][]
Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_
periode3
    ={
        {1, 14000, 0, 14000, 15, 560, 11340, 2100,
500, 0},
        {2, 0, 875, 875, 4, 17.5, 822.5, 35, 250,
0},
        {3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
    };

double [][]
Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_
periode4
    ={
        {1, 22400, 0, 22400, 15, 896, 18144, 3360,
800, 0},
        {2, 0, 1890, 1890, 4, 38, 1777, 76, 540, 0},
        {3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
    };

double [][]
Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_
periode5
    ={
        {1, 28000, 0, 28000, 15, 560, 23240, 4200,
1000, 0},
        {2, 0, 1890, 1890, 4, 38, 1777, 76, 540, 0},
        {3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
    };

```

```

double [][]
Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_
periode6
    ={
        {1, 93333, 0, 93333, 18, 4667, 71866, 16800,
4000},
        {2, 0, 7000, 7000, 4, 280, 6440, 280,
2000},
        {3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
    };
double [][]
Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_
periode7
    ={
        {1, 466667, 0, 466667, 18, 23333, 359334, 84000,
20000, 0},
        {2, 0, 3500, 3500, 4, 105, 3255, 140,
1000, 0},
        {3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
    };
double [][]
Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_
periode8
    ={
        {1, 84000, 0, 84000, 20, 5040, 62160, 16800,
4000, 0},
        {2, 0, 7000, 7000, 4, 280, 6440, 280,
2000, 0},
        {3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
    };
double [][]
Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_
periode9
    ={
        {1, 21000, 0, 21000, 20, 1260, 15540, 4200,
1000},
        {2, 0, 1890, 1890, 4, 38, 1777, 76, 540},
        {3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
    };
double [][]
Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_
periode10
    ={
        {1, 31500, 0, 31500, 20, 1890, 23310, 6300},
        {2, 0, 3780, 3780, 3, 113, 3553, 113},
        {3, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}
    }
;

```

Lampiran 15 Data input (matriks) biaya kesempatan 10 periode terakhir model stokastik *hybrid fuzzy* multistage rantai pasok balik agroindustri herbal

```

double [][]
Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penju
alan_yang_tidak_ditindaklanjuti_periode1
={
    {69286,    692860000},
    {45756,    64058400}
};

```

```

double [][]
Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penju
alan_yang_tidak_ditindaklanjuti_periode2
={
    {25429, 252290000},
    {17663, 24728200}
};

```

```

double [][]
Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penju
alan_yang_tidak_ditindaklanjuti_periode3
={
    {3014,    30140000},
    {2061,    2885400}
};

```

```

double [][]
Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penju
alan_yang_tidak_ditindaklanjuti_periode4
={
    { 4646, 46460000},
    {3297, 4615800}
};

```

```

double [][]
Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penju
alan_yang_tidak_ditindaklanjuti_periode5
={
    {6100, 61000000},
    {4005, 5607000}
};

```

```

double [][]
Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penju
alan_yang_tidak_ditindaklanjuti_periode6
={
    {13400, 134000000},
    {12385, 17339000}
};

```

```

double [][]
Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penju
alan_yang_tidak_ditindaklanjuti_periode7
={
    {76000, 760000000},
    {61925, 86695000}
};

```

```

double [][]
Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penju
alan_yang_tidak_ditindaklanjuti_periode8
={
    {11320, 113200000},
    {10128, 14179200}
};

```

```

double [][]
Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penju
alan_yang_tidak_ditindaklanjuti_periode9
={
    {2790, 27900000},
    {2337, 3271800}
};

```

```

double [][]
Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penju
alan_yang_tidak_ditindaklanjuti_periode10
={
    {4185, 41850000},
    {3798, 5317200}
};

```

```

double [][]
Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_
akhir_dan_reverse_periode1
={
    {1, 300000, 0, 300000, 14, 12000, 246000, 42000,
10000, 0},
    {2, 0, 246000, 246000, 4, 7380, 228780, 9840,
70286, 0},
    {3, 0, 228780, 228780, 60, 91512, 0, 137268, 45756,
0}
};

```

```

double [][]
Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_
akhir_dan_reverse_periode2
={
    {1, 120000, 0, 120000, 14, 7200, 96000, 16800,
4000, 43},
    {2, 0, 96001, 96001, 4, 3840, 88320, 3840,
27429, 9},
};

```

```

    {3, 0, 88320, 88320, 60, 80, 35328, 52992, 17663,
0}
        };

        double [][]
Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_
akhir_dan_reverse_periode3
        ={
            {1, 14000, 0, 14000, 15, 560, 11340,
2100, 500, 0},
            {2, 0, 11340, 11340, 4, 227, 10660, 457,
3264, 0},
            {3, 0, 10660, 10660, 58, 4477, 0, 6183, 2061,
0}
        };

        double [][]
Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_
akhir_dan_reverse_periode4
        ={
            {1, 22400, 0, 22400, 15, 896, 18144,
3360, 800, 0},
            {2, 0, 18144, 18144, 4, 363, 17055, 726,
5186, 0},
            {3, 0, 17055, 17055, 58, 7163, 0, 9892, 3297,
0}
        };

        double [][]
Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_
akhir_dan_reverse_periode5
        ={
            {1, 28000, 0, 28000, 15, 560, 23240, 4200,
1000, 0},
            {2, 0, 23240, 23240, 4, 465, 21846, 930,
6640, 0},
            {3, 0, 21846, 21846, 55, 9831, 0, 12015, 4005,
0}
        };

        double [][]
Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_
akhir_dan_reverse_periode6
        ={
            {1, 93333, 0, 93333, 18, 5, 4667, 71866,
16800, 4000, 0},
            {2, 0, 71866, 71866, 3, 3, 2156, 67554, 2156,
15400, 0},
            {3, 0, 67554, 67554, 55, 45, 30400, 0, 37155,
12385, 0}
        };

```

```

double [][]
Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_
akhir_dan_reverse_periode7
={
    {1, 466667, 0, 466667, 18, 23333, 359334, 84000,
20000, 0},
    {2, 0, 359334, 359334, 3, 10780, 337774, 10780,
77000, 0},
    {3, 0, 337774, 337774, 55, 151998, 0, 185776, 61925,
0}
};

```

```

double [][]
Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_
akhir_dan_reverse_periode8
={
    {1, 84000, 0, 84000, 20, 5040, 62160, 16800,
4000, 0},
    {2, 0, 62160, 62160, 3, 1865, 58430, 1865,
13320, 0},
    {3, 0, 58430, 58430, 52, 28046, 0, 30384, 10128,
0}
};

```

```

double [][]
Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_
akhir_dan_reverse_periode9
={
    {1, 21000, 0, 21000, 20, 1260, 15540, 4200,
1000, 0},
    {2, 0, 15540, 15540, 3, 466, 14608, 466,
3330, 0},
    {3, 0, 14608, 14608, 52, 7596, 0, 7012, 2337,
0}
};

```

```

double [][]
Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_
akhir_dan_reverse_periode10
={
    {1, 31500, 0, 31500, 20, 1890, 23310, 6300,
1500, 0},
    {2, 0, 23310, 23310, 3, 700, 21911, 700,
4995, 0},
    {3, 0, 21911, 21911, 52, 10517, 0, 11394, 3798,
0}
};

```


Lampiran 17 Data input (matriks) pengembangan model permintaan produk herbal primer, sekunder, dan tersier oleh konsumen selama 10 periode terakhir pada model stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal

```

double [][]
Pengembangan_model_permintaan_produk_herbal_oleh_konsumen
_selama_10_periode_terakhir_dalam_satuan_unit_produk_herb
al_primer
    ={
        {1000, 6000, 3000, 10000},
        {500,2500, 1000, 4000},
        {100,350, 50, 500},
        {300,300, 200, 800},
        {300,500, 200, 1000},
        {1500, 500, 2000, 4000},
        {7000, 8000, 5000, 20000},
        {1000, 2000, 1000, 4000},
        {150,500, 350, 1000},
        {350,750, 400, 1500}
    };

double [][]
Pengembangan_model_permintaan_produk_herbal_oleh_konsumen
_selama_10_periode_terakhir_dalam_satuan_unit_produk_herb
alSekunder
    ={
        {35000, 35286, 70286},
        {7000, 20429, 27429},
        {1300, 1964, 3264},
        {3000, 2186, 5186},
        {200,340, 6640},
        {7700, 7700, 15400},
        {40000, 37000, 77000},
        {7000, 6320, 13320},
        {2000, 1330, 3330},
        {3000, 1995, 4995}
    };

double [][]
Pengembangan_model_permintaan_produk_herbal_oleh_konsumen
_selama_10_periode_terakhir_dalam_satuan_unit_produk_herb
alTersier
    ={
        {2500, 43256, 45756},
        {8500, 9163, 17663},
        {1000, 1061, 2061},
        {1500, 1797, 3297},
        {2000, 2005, 4005},
        {7000, 5185, 12385},
        {30000, 31925, 61925},
        {5400, 4728, 10128},
        {1300, 1037, 2337},
        {1500, 2298, 3798}
    };

```

Lampiran 18 Data input (matriks) ongkos transportasi produk selama 10 periode terakhir pada model stokastik *hybrid fuzzy* multistahap rantai pasok balik agroindustri herbal

```

double [][]
Ongkos_transportasi_produk_n_ke_dari_gudang_produk_herbal
_w_ke_dari_konsumen_c_ke_gudang_produk_reverse_r_dalam_sa
tuan_rupiah_per_kg_berat_produk=
{
    {315, 310, 310, 935, 320, 2350, 350,
320, 350, 350, 350, 4390, 315, 310,
310, 935, 6260},
    {315,310, 310, 935, 320, 2350, 350,
320, 350, 350, 350, 4390, 315, 310,
310, 935, 6260},
    {315,310, 310, 935, 320, 2350, 350,
320, 350, 350, 350, 4390, 315, 310,
310, 935, 6260},
    {315,310, 310, 935, 320, 2350, 350,
320, 350, 350, 350, 4390, 315, 310,
310, 935, 6260},
    {315,310, 310, 935, 320, 2350, 350,
320, 350, 350, 350, 4390, 315, 310,
310, 935, 6260},
    {315,310, 310, 935, 320, 2350, 350,
320, 350, 350, 350, 4390, 315, 310,
310, 935, 6260},
    {315,310, 310, 935, 320, 2350, 350,
320, 350, 350, 350, 4390, 315, 310,
310, 935, 6260},
    {315,310, 310, 935, 320, 2400, 350,
320, 350, 350, 350, 4440, 315, 310,
310, 935, 6310},
    {315,310, 310, 935, 320, 2400, 350,
320, 350, 350, 350, 4440, 315, 310,
310, 935, 6310},
    {307,307, 307, 926, 317, 2397, 347,
317, 347, 347, 347, 4419, 312, 307,
307, 926, 6271}
};

public double angka_perh(long input){
    return input;
}
}

```

Lampiran 19 Data output peramalan rantai markov prprobabilitas perubahan preferensi pemasok bahan baku utama (simplisia sambiloto) untuk 10 periode

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_periode_1

```
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.33291585531689755 0.369906505907664 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.009247662647691599 0.0 0.018495325295383197 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.027742987943074796 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.092476626476916 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.036990650590766394 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.018495325295383197 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.018495325295383197
```

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_periode_2

```
0.3560295993647254 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.38489686417808155 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.019244843208904076 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.009622421604452038 0.0 0.0 0.019244843208904076 0.0 0.0 0.0 0.0
0.028867264813356115 0.0 0.0 0.0 0.06735695123116428 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.028867264813356115 0.0 0.009622421604452038
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.019244843208904076 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.019244843208904076
```

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_periode_3

```
0.6732241555446777 0.10579236729987794 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.00961748793635254 0.00961748793635254 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.01923497587270508 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.06732241555446779 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.028852463809057618 0.0 0.0
0.0 0.01923497587270508 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.028852463809057618
```

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_periode_4

```
0.0 0.6131831842123057 0.009151987824064263 0.0 0.0 0.0
0.018303975648128527 0.0
0.0 0.1281278295368997 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
```

0.0 0.0 0.009151987824064263 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.018303975648128527 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.06406391476844985 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.027455963472192788 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.027455963472192788

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_1

Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_periode_5

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.2761206138409198 0.4694050435295637 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.01840804092272799 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.01840804092272799 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.06442814322954797 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.02761206138409198 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.01840804092272799 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.02761206138409198

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_1

Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_periode_6

0.0 0.2729657230518494 0.0 0.0 0.009412611139718944 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.4800431681256662 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.01882522227943789 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.01882522227943789 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.06588827797803262 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.028237833419156835 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.004706305569859472 0.014118916709578417 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.014118916709578417 0.0 0.014118916709578417

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_1

Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_periode_7

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.5920991872053862 0.19736639573512876 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.019736639573512876 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.019736639573512876 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0789465582940515 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.04934159893378219 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.014802479680134656 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.004934159893378219
 0.009868319786756438

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_1

Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_periode_8

0.5606656942054425 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.18688856473514753 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.018688856473514752 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.009344428236757376 0.0 0.009344428236757376 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.07475542589405901 0.0 0.0 0.0
 0.04672214118378688 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.018688856473514752 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.009344428236757376 0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_periode_9

0.6617864254954919 0.07563273434234194 0.0 0.0
 0.07563273434234194 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.028362275378378227 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.018908183585585485 0.03781636717117097 0.0
 0.018908183585585485
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.028362275378378227 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_periode_10

0.0 0.6768487956848138 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.058015611058698326 0.01933853701956611 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.029007805529349163 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.09669268509783055 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.03867707403913222 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.009669268509783054 0.0 0.0 0.0 0.01933853701956611 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.01933853701956611

Hasil perhitungan Multi Stage_Stage_1_matrix_bahan_baku 10 periode

35.146187389110835 76.94165347345886 66.49278695237184
 0.028.49690869387365 0.0 0.0 56.9938173877473
 81.69113825577112 66.49278695237184
 37.9958782584982 0.0 13.29855739047437 76.94165347345886
 4.749484782312275 75.9917565169964 75.9917565169964
 18.9979391292491 0.0 7.59917565169964
 1.89979391292491 1.89979391292491 0.949896956462455
 1.89979391292491 1.89979391292491 1.89979391292491
 1.89979391292491 1.89979391292491 2.849690869387365 0.0

2. 849690869387365 1. 89979391292491 1. 89979391292491
1. 89979391292491 1. 89979391292491 1. 89979391292491
1. 89979391292491 1. 89979391292491 0. 0 2. 849690869387365
9. 49896956462455 6. 649278695237185 6. 649278695237185
6. 649278695237185 6. 649278695237185 7. 59917565169964
7. 59917565169964 7. 59917565169964 7. 59917565169964
9. 49896956462455
3. 79958782584982 2. 849690869387365 2. 849690869387365
2. 849690869387365 2. 849690869387365 4. 749484782312275
4. 749484782312275 4. 749484782312275 0. 0
3. 79958782584982
1. 89979391292491 1. 89979391292491 1. 89979391292491
1. 89979391292491 1. 89979391292491 1. 4248454346936825
1. 4248454346936825 1. 89979391292491 2. 849690869387365
2. 849690869387365
1. 89979391292491 2. 849690869387365 2. 849690869387365
2. 849690869387365 2. 849690869387365 1. 4248454346936825
1. 4248454346936825 0. 949896956462455 0. 0
1. 89979391292491

Lampiran 20 Hasil uji kesesuaian distribusi data historis rendemen produk herbal

run:

```
-----  
GOF Rendemen  
Goodness of fit Normal Distribution  
0.841021903350826  
1.2895999745964761E-24  
Goodness of fit Poisson Distribution  
1.0  
0.0  
Goodness of fit Binomial Distribution  
0.6103850666666667  
1.4541360204030256E-11  
Goodness of fit Hypergeometric Distribution  
0.6666666666666666  
5.83630976402051E-14  
Goodness of fit Geometric Distribution  
0.8  
1.8227415808194148E-21  
BUILD SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)
```

Lampiran 21 Hasil uji kesesuaian distribusi data historis susut produksi produk herbal

```
GOF susut2
Goodness of fit Normal Distribution
0.8405692008620879
1.068791316880875E-8
Goodness of fit Poisson Distribution
1.0
0.0
Goodness of fit Binomial Distribution
1.0
0.0
Goodness of fit Hypergeometric Distribution
1.0
0.0
Goodness of fit Geometric Distribution
1.0
0.0
BUILD SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)
```


Lampiran 22 Hasil uji kesesuaian distribusi data historis pengembalian produk herbal

run:

```
-----  
GOF reverse  
Goodness of fit Normal Distribution  
0.8406501024287959  
1.3864797960636963E-24  
Goodness of fit Poisson Distribution  
1.0  
0.0  
Goodness of fit Binomial Distribution  
0.9333307733333334  
5.221110275592611E-36  
Goodness of fit Hypergeometric Distribution  
0.9333333333333333  
5.2150991306725434E-36  
Goodness of fit Geometric Distribution  
0.8  
1.8227415808194148E-21
```

Lampiran 23 Hasil uji kesesuaian distribusi data historis ongkos ketidakpastian/
perubahan preferensi bahan baku dari pemasok

run:

```
-----  
GOF data  
Goodness of fit Normal Distribution  
0.446964883376386  
1.192356998432035E-6  
Goodness of fit Poisson Distribution  
0.49999999999999967  
3.184183468958391E-8  
Goodness of fit Binomial Distribution  
1.0  
0.0  
Goodness of fit Hypergeometric Distribution  
1.0  
0.0  
Goodness of fit Geometric Distribution  
1.0  
0.0
```

Lampiran 24 Data output peramalan ongkos ketidakpastian/perubahan bahan baku utama (simplisia sambiloto) untuk 10 periode

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_periode_1

18515.20470374306	18515.20470374306	14812.163762994449
13886.403527807295	14812.163762994449	14812.163762994449
12960.643292620141	12034.88305743299	
18515.20470374306	18515.20470374306	14812.163762994449
13886.403527807295	14812.163762994449	14812.163762994449
12960.643292620141	12034.88305743299	
18515.20470374306	18515.20470374306	14812.163762994449
13886.403527807295	14812.163762994449	14812.163762994449
12960.643292620141	12034.88305743299	
18515.20470374306	18515.20470374306	14812.163762994449
13886.403527807295	14812.163762994449	14812.163762994449
12960.643292620141	12034.88305743299	
18515.20470374306	18515.20470374306	14812.163762994449
13886.403527807295	14812.163762994449	14812.163762994449
12960.643292620141	12034.88305743299	
18515.20470374306	18515.20470374306	14812.163762994449
13886.403527807295	14812.163762994449	14812.163762994449
12960.643292620141	12034.88305743299	
18515.20470374306	18515.20470374306	14812.163762994449
13886.403527807295	14812.163762994449	14812.163762994449
12960.643292620141	12034.88305743299	
18515.20470374306	18515.20470374306	14812.163762994449
13886.403527807295	14812.163762994449	14812.163762994449
12960.643292620141	12034.88305743299	

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_periode_2

19144.5370015473	19144.5370015473	15315.62960123784
14358.402751160476	15315.62960123784	15315.62960123784
13401.175901083112	12443.949051005746	
19144.5370015473	19144.5370015473	15315.62960123784
14358.402751160476	15315.62960123784	15315.62960123784
13401.175901083112	12443.949051005746	
19144.5370015473	19144.5370015473	15315.62960123784
14358.402751160476	15315.62960123784	15315.62960123784
13401.175901083112	12443.949051005746	

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_periode_4

17893.248711050706	17893.248711050706	15067.998914569018
14126.248982408453	14126.248982408453	14126.248982408453
13184.49905024789	12242.749118087326	
17893.248711050706	17893.248711050706	15067.998914569018
14126.248982408453	14126.248982408453	14126.248982408453
13184.49905024789	12242.749118087326	
17893.248711050706	17893.248711050706	15067.998914569018
14126.248982408453	14126.248982408453	14126.248982408453
13184.49905024789	12242.749118087326	
17893.248711050706	17893.248711050706	15067.998914569018
14126.248982408453	14126.248982408453	14126.248982408453
13184.49905024789	12242.749118087326	
17893.248711050706	17893.248711050706	15067.998914569018
14126.248982408453	14126.248982408453	14126.248982408453
13184.49905024789	12242.749118087326	
17893.248711050706	17893.248711050706	15067.998914569018
14126.248982408453	14126.248982408453	14126.248982408453
13184.49905024789	12242.749118087326	
17893.248711050706	17893.248711050706	15067.998914569018
14126.248982408453	14126.248982408453	14126.248982408453
13184.49905024789	12242.749118087326	
17893.248711050706	17893.248711050706	15067.998914569018
14126.248982408453	14126.248982408453	14126.248982408453
13184.49905024789	12242.749118087326	

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_periode_5

17119.654849066676	17119.654849066676	14416.551451845622
13515.516986105271	13515.516986105271	13515.516986105271
12614.48252036492	11713.448054624569	
17119.654849066676	17119.654849066676	14416.551451845622
13515.516986105271	13515.516986105271	13515.516986105271
12614.48252036492	11713.448054624569	
17119.654849066676	17119.654849066676	14416.551451845622
13515.516986105271	13515.516986105271	13515.516986105271
12614.48252036492	11713.448054624569	
17119.654849066676	17119.654849066676	14416.551451845622
13515.516986105271	13515.516986105271	13515.516986105271
12614.48252036492	11713.448054624569	

17119.654849066676 17119.654849066676 14416.551451845622
 13515.516986105271 13515.516986105271 13515.516986105271
 12614.48252036492 11713.448054624569
 17119.654849066676 17119.654849066676 14416.551451845622
 13515.516986105271 13515.516986105271 13515.516986105271
 12614.48252036492 11713.448054624569
 17119.654849066676 17119.654849066676 14416.551451845622
 13515.516986105271 13515.516986105271 13515.516986105271
 12614.48252036492 11713.448054624569
 17119.654849066676 17119.654849066676 14416.551451845622
 13515.516986105271 13515.516986105271 13515.516986105271
 12614.48252036492 11713.448054624569

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_1

Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_periode_6

18497.36202461426 18497.36202461426 14797.889619691407
 13873.021518460695 14797.889619691407 14797.889619691407
 12948.153417229982 12023.285315999268
 18497.36202461426 18497.36202461426 14797.889619691407
 13873.021518460695 14797.889619691407 14797.889619691407
 12948.153417229982 12023.285315999268
 18497.36202461426 18497.36202461426 14797.889619691407
 13873.021518460695 14797.889619691407 14797.889619691407
 12948.153417229982 12023.285315999268
 18497.36202461426 18497.36202461426 14797.889619691407
 13873.021518460695 14797.889619691407 14797.889619691407
 12948.153417229982 12023.285315999268
 18497.36202461426 18497.36202461426 14797.889619691407
 13873.021518460695 14797.889619691407 14797.889619691407
 12948.153417229982 12023.285315999268
 18497.36202461426 18497.36202461426 14797.889619691407
 13873.021518460695 14797.889619691407 14797.889619691407
 12948.153417229982 12023.285315999268
 18497.36202461426 18497.36202461426 14797.889619691407
 13873.021518460695 14797.889619691407 14797.889619691407
 12948.153417229982 12023.285315999268

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_1

Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_periode_7

20678.216399008634 20678.216399008634 15038.702835642644
 14098.783908414978 16918.540690097976 16918.540690097976
 13158.864981187313 12218.946053959648
 20678.216399008634 20678.216399008634 15038.702835642644
 14098.783908414978 16918.540690097976 16918.540690097976
 13158.864981187313 12218.946053959648
 20678.216399008634 20678.216399008634 15038.702835642644
 14098.783908414978 16918.540690097976 16918.540690097976
 13158.864981187313 12218.946053959648
 20678.216399008634 20678.216399008634 15038.702835642644
 14098.783908414978 16918.540690097976 16918.540690097976
 13158.864981187313 12218.946053959648
 20678.216399008634 20678.216399008634 15038.702835642644
 14098.783908414978 16918.540690097976 16918.540690097976
 13158.864981187313 12218.946053959648
 20678.216399008634 20678.216399008634 15038.702835642644
 14098.783908414978 16918.540690097976 16918.540690097976
 13158.864981187313 12218.946053959648
 20678.216399008634 20678.216399008634 15038.702835642644
 14098.783908414978 16918.540690097976 16918.540690097976
 13158.864981187313 12218.946053959648

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_1

Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_periode_8
 20247.628678771056 20247.628678771056 14725.548130015313
 13805.201371889358 16566.24164626723 16566.24164626723
 12884.8546137634 11964.507855637443
 20247.628678771056 20247.628678771056 14725.548130015313
 13805.201371889358 16566.24164626723 16566.24164626723
 12884.8546137634 11964.507855637443
 20247.628678771056 20247.628678771056 14725.548130015313
 13805.201371889358 16566.24164626723 16566.24164626723
 12884.8546137634 11964.507855637443
 20247.628678771056 20247.628678771056 14725.548130015313
 13805.201371889358 16566.24164626723 16566.24164626723
 12884.8546137634 11964.507855637443

20247.628678771056 20247.628678771056 14725.548130015313
 13805.201371889358 16566.24164626723 16566.24164626723
 12884.8546137634 11964.507855637443
 20247.628678771056 20247.628678771056 14725.548130015313
 13805.201371889358 16566.24164626723 16566.24164626723
 12884.8546137634 11964.507855637443
 20247.628678771056 20247.628678771056 14725.548130015313
 13805.201371889358 16566.24164626723 16566.24164626723
 12884.8546137634 11964.507855637443

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_periode_9

18931.536048984002 18931.536048984002 15145.228839187203
 14198.652036738002 15145.228839187203 15145.228839187203
 13252.075234288803 12305.498431839602
 18931.536048984002 18931.536048984002 15145.228839187203
 14198.652036738002 15145.228839187203 15145.228839187203
 13252.075234288803 12305.498431839602
 18931.536048984002 18931.536048984002 15145.228839187203
 14198.652036738002 15145.228839187203 15145.228839187203
 13252.075234288803 12305.498431839602
 18931.536048984002 18931.536048984002 15145.228839187203
 14198.652036738002 15145.228839187203 15145.228839187203
 13252.075234288803 12305.498431839602
 18931.536048984002 18931.536048984002 15145.228839187203
 14198.652036738002 15145.228839187203 15145.228839187203
 13252.075234288803 12305.498431839602
 18931.536048984002 18931.536048984002 15145.228839187203
 14198.652036738002 15145.228839187203 15145.228839187203
 13252.075234288803 12305.498431839602

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Matrix_ongkos_perubahan_bahan_bahan_baku_sambiloto_periode_10

18371.047616980322 18371.047616980322 14696.838093584258
 13778.285712735242 14696.838093584258 14696.838093584258
 12859.733331886226 11941.18095103721

18371.047616980322 18371.047616980322 14696.838093584258
 13778.285712735242 14696.838093584258 14696.838093584258
 12859.733331886226 11941.18095103721
 18371.047616980322 18371.047616980322 14696.838093584258
 13778.285712735242 14696.838093584258 14696.838093584258
 12859.733331886226 11941.18095103721
 18371.047616980322 18371.047616980322 14696.838093584258
 13778.285712735242 14696.838093584258 14696.838093584258
 12859.733331886226 11941.18095103721
 18371.047616980322 18371.047616980322 14696.838093584258
 13778.285712735242 14696.838093584258 14696.838093584258
 12859.733331886226 11941.18095103721
 18371.047616980322 18371.047616980322 14696.838093584258
 13778.285712735242 14696.838093584258 14696.838093584258
 12859.733331886226 11941.18095103721
 18371.047616980322 18371.047616980322 14696.838093584258
 13778.285712735242 14696.838093584258 14696.838093584258
 12859.733331886226 11941.18095103721

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Matrix_ongkos_bahan_bahan_baku_sambiloto_10_periode

18197.75741537481 18197.75741537481 17287.86954460607
 17287.86954460607 17287.86954460607 18197.75741537481
 20017.533156912294 20017.533156912294 18197.75741537481
 18197.75741537481
 18197.75741537481 18197.75741537481 17287.86954460607
 17287.86954460607 17287.86954460607 18197.75741537481
 20017.533156912294 20017.533156912294 18197.75741537481
 18197.75741537481
 14558.205932299848 14558.205932299848 14558.205932299848
 14558.205932299848 14558.205932299848 14558.205932299848
 14558.205932299848 14558.205932299848 14558.205932299848
 14558.205932299848
 13648.318061531108 13648.318061531108 13648.318061531108
 13648.318061531108 13648.318061531108 13648.318061531108
 13648.318061531108 13648.318061531108 13648.318061531108
 13648.318061531108
 14558.205932299848 14558.205932299848 13648.318061531108
 13648.318061531108 13648.318061531108 14558.205932299848

16377.98167383733 16377.98167383733 14558.205932299848
14558.205932299848
14558.205932299848 14558.205932299848 13648.318061531108
13648.318061531108 13648.318061531108 14558.205932299848
16377.98167383733 16377.98167383733 14558.205932299848
14558.205932299848
12738.430190762369 12738.430190762369 12738.430190762369
12738.430190762369 12738.430190762369 12738.430190762369
12738.430190762369 12738.430190762369 12738.430190762369
12738.430190762369
11828.542319993627 11828.542319993627 11828.542319993627
11828.542319993627 11828.542319993627 11828.542319993627
11828.542319993627 11828.542319993627 11828.542319993627
11828.542319993627

Lampiran 26 Data output peramalan ketidakpastian/perubahan rendemen simplisia (simplisia sambiloto) untuk 10 periode

run:

 Prediksi probabilitas rendemen produk 1

13.90620698534466 13.90620698534466

14.899507484297851 14.899507484297851

14.899507484297851 17.87940898115742

17.87940898115742 19.8660099790638

19.8660099790638 19.8660099790638 -----

 Prediksi probabilitas rendemen produk 2

3.984166623002298 3.984166623002298

3.984166623002298 3.984166623002298

3.984166623002298 3.984166623002298

3.984166623002298 3.984166623002298

3.984166623002298 2.988124967251723 -----

 Prediksi probabilitas rendemen produk 3

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 BUILD

SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)

Lampiran 27 Data output peramalan ketidakpastian/perubahan susut produksi simplisia (simplisia sambiloto) untuk 10 periode

run:

Prediksi susut produk 1

10932.109058631522 6559.265435178913
 510.16508940280437 816.264143044487
 510.16508940280437 4251.679414719442
 21256.575055420773 4591.485804625239
 1147.8714511563098 1721.8071767344647 -----

Prediksi susut produk 2

103.13396361137377 275.0239029636634
 17.18899393522896 37.3246725450686
 37.3246725450686 275.0239029636634
 103.13396361137377 275.0239029636634
 37.3246725450686 110.99178941033558 -----

Prediksi susut produk 3

36.06899151983924 36.06899151983924
 37.8724410958312 37.8724410958312
 40.57761545981914 40.57761545981914
 40.57761545981914 43.28278982380708
 43.28278982380708 43.28278982380708 BUILD
 SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)

Lampiran 28 Data output peramalan ketidakpastian/perubahan pengembalian
(*reverse*) produk herbal kapsul sambiloto untuk 10 periode

run:

```
-----  
Prediksi reverse produk 1  
0.0 39.12769867299757 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
0.0 0.0 -----  
Prediksi reverse produk 2  
0.0 8.798399800905823 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0  
0.0 0.0 -----  
Prediksi reverse produk 3  
0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 BUILD  
SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)
```

Lampiran 29 Data output peramalan perubahan proporsi preferensi perolehan jumlah bahan baku utama (simplisia sambilot) untuk 10 periode

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Probabilitas_ketidakpastian_perubahan_perolehan_bahan_baku_utama_simplisia_pada_periode_1

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.32498319023938926 0.3610924335993214 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.009027310839983035 0.0 0.01805462167996607 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.027081932519949104 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.09027310839983035 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.03610924335993214 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.01805462167996607 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.01805462167996607

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Probabilitas_ketidakpastian_perubahan_perolehan_bahan_baku_utama_simplisia_pada_periode_2

0.36406430052446975 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.39358302759402136 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.019679151379701068 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.009839575689850534 0.0 0.0 0.019679151379701068 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0295187270695516 0.0 0.0 0.0 0.06887702982895375 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0295187270695516 0.0 0.009839575689850534
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.019679151379701068 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.019679151379701068

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Probabilitas_ketidakpastian_perubahan_perolehan_bahan_baku_utama_simplisia_pada_periode_3

0.6906521906656119 0.1085310585331676 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.009866459866651599 0.009866459866651599 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.019732919733303197 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0690652190665612 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.029599379599954796 0.0 0.0
 0.0 0.019732919733303197 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.029599379599954796

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Probabilitas_ketidakpastian_perubahan_perolehan_bahan_baku_utama_simplisia_pada_periode_4

0.0 0.6498650459450683 0.009699478297687586 0.0 0.0 0.0
 0.01939895659537517 0.0
 0.0 0.1357926961676262 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.009699478297687586 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.01939895659537517 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0678963480838131 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.029098434893062755 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.029098434893062755

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Probabilitas_ketidakpastian_perubahan_perolehan_bahan_baku_utama_s
implisia_pada_periode_5

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.2894983035028126 0.4921471159547814 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.019299886900187507 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.019299886900187507 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.06754960415065628 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.028949830350281258 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.019299886900187507 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.028949830350281258

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Probabilitas_ketidakpastian_perubahan_perolehan_bahan_baku_utama_s
implisia_pada_periode_6

0.0 0.27519447113231804 0.0 0.0 0.009489464521804072 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.48396269061200764 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.018978929043608143 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.018978929043608143 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0664262516526285 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.02846839356541221 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.004744732260902036 0.014234196782706106 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.014234196782706106 0.0 0.014234196782706106

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_1

Probabilitas_ketidakpastian_perubahan_perolehan_bahan_baku_utama_s
implisia_pada_periode_7

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.5594778317925659 0.186492610597522 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0186492610597522 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0186492610597522 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0745970442390088 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0466231526493805 0.0 0.0

0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.01398694579481415 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.00466231526493805 0.0093246305298761

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_1

Probabilitas_ketidakpastian_perubahan_perolehan_bahan_baku_utama_s
 implisia_pada_periode_8

0.5447459956193412 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.1815819985397804 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.01815819985397804 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.00907909992698902 0.0 0.00907909992698902 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.07263279941591216 0.0 0.0 0.0
 0.0453954996349451 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.01815819985397804 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.00907909992698902 0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_1

Probabilitas_ketidakpastian_perubahan_perolehan_bahan_baku_utama_s
 implisia_pada_periode_9

0.6351916330573335 0.0725933294922667 0.0 0.0
 0.0725933294922667 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.02722249855960001 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.018148332373066674 0.03629666474613335 0.0
 0.018148332373066674
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.02722249855960001 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_1

Probabilitas_ketidakpastian_perubahan_perolehan_bahan_baku_utama_s
 implisia_pada_periode_10

0.0 0.6922522561862384 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.05933590767310615 0.019778635891035384 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.029667953836553074 0.0 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.09889317945517692 0.0 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.03955727178207077 0.0 0.0
 0.0 0.0 0.009889317945517692 0.0 0.0 0.0 0.019778635891035384 0.0
 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.019778635891035384

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_1

Forecast_Matrix_Proporsi_perolehan_bahan_baku_utama_simplisia_sela
 ma_kurun_waktu_10_periode

36. 39465527967384 79. 67478588252922 68. 85475323181538 0. 0
 29. 509179956492304 0. 0 0. 0 59. 01835991298461
 84. 59298254194461 68. 85475323181538
 39. 345573275323076 0. 0 13. 770950646363076 79. 67478588252922
 4. 9181966594153845 78. 69114655064615 78. 69114655064615
 19. 672786637661538 0. 0 7. 869114655064615
 1. 9672786637661537 1. 9672786637661537 0. 9836393318830768
 1. 9672786637661537 1. 9672786637661537 1. 9672786637661537
 1. 9672786637661537 1. 9672786637661537 2. 9509179956492306
 0. 0
 2. 9509179956492306 1. 9672786637661537 1. 9672786637661537
 1. 9672786637661537 1. 9672786637661537 1. 9672786637661537
 1. 9672786637661537 1. 9672786637661537 0. 0
 2. 9509179956492306
 9. 836393318830769 6. 885475323181538 6. 885475323181538
 6. 885475323181538 6. 885475323181538 7. 869114655064615
 7. 869114655064615 7. 869114655064615 7. 869114655064615
 9. 836393318830769
 3. 9345573275323074 2. 9509179956492306 2. 9509179956492306
 2. 9509179956492306 2. 9509179956492306 4. 9181966594153845
 4. 9181966594153845 4. 9181966594153845 0. 0
 3. 9345573275323074
 1. 9672786637661537 1. 9672786637661537 1. 9672786637661537
 1. 9672786637661537 1. 9672786637661537 1. 4754589978246153
 1. 4754589978246153 1. 9672786637661537 2. 9509179956492306
 2. 9509179956492306
 1. 9672786637661537 2. 9509179956492306 2. 9509179956492306
 2. 9509179956492306 2. 9509179956492306 1. 4754589978246153
 1. 4754589978246153 0. 9836393318830768 0. 0
 1. 9672786637661537

Lampiran 30 Data output peramalan permintaan produk herbal primer, sekunder, dan tersier oleh konsumen untuk 10 periode

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_3

Ketidakpastian_perubahan_permintaan_produk_herbal_primer

920. 1241656206962	5520. 744993724177	2760. 3724968620886
9201. 241656206963		
460. 0620828103481	2300. 3104140517407	920. 1241656206962
3680. 496662482785		
92. 01241656206962	322. 0434579672437	46. 00620828103481
460. 0620828103481		
276. 03724968620884	276. 03724968620884	184. 02483312413923
736. 0993324965569		
276. 03724968620884	460. 0620828103481	184. 02483312413923
920. 1241656206962		
1380. 1862484310443	460. 0620828103481	1840. 2483312413924
3680. 496662482785		
6440. 869159344874	7360. 99332496557	4600. 6208281034815
18402. 483312413926		
920. 1241656206962	1840. 2483312413924	920. 1241656206962
3680. 496662482785		
138. 01862484310442	460. 0620828103481	322. 0434579672437
920. 1241656206962		
322. 0434579672437	690. 0931242155222	368. 04966624827847
1380. 1862484310443		

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_3

Ketidakpastian_perubahan_permintaan_produk_herbal_sekunder

482. 72487514042376	482. 72487514042376	965. 4497502808475
482. 72487514042376	1448. 1746254212715	1930. 899500561695
96. 54497502808475	144. 81746254212715	241. 36243757021188
289. 6349250842543	231. 70794006740343	521. 3428651516576
193. 0899500561695	328. 25291509548816	521. 3428651516576
965. 4497502808475	965. 4497502808475	1930. 899500561695
482. 72487514042376	482. 72487514042376	965. 4497502808475
965. 4497502808475	965. 4497502808475	1930. 899500561695
183. 43545255336105	337. 9074125982967	521. 3428651516576
289. 6349250842543	492. 3793726432323	782. 0142977274866

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_3

Ketidakpastian_perubahan_permintaan_produk_herbal_tersier

0.0 0.0 0.0

Lampiran 31 Data output peramalan jumlah bahan baku utama (simplisia sambiloto), limbah, produk akhir, dan *reverse* untuk 10 periode sebagai fungsi *recursive* dari tahap 3

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode1
 0. 9859001738078088 295770.05214234267 0.0 295770.05214234267
 13. 802602433309323 3. 9436006952312352 11830. 802085693706
 242531. 44275672096 41407. 80729992797 9859. 001738078088
 0.0
 1. 9718003476156176 0.0 3450. 6506083273307 3450. 6506083273307
 3. 9436006952312352 2. 957700521423426 103. 51951824981992
 3209. 1050657444175 138. 02602433309323 985. 9001738078088
 0.0
 2. 957700521423426 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode2
 0. 9514265337930381 114171. 18405516457 0.0 114171. 18405516457
 13. 319971473102534 6850. 271043309875 91336. 94724413166
 15983. 96576772304 3805. 7061351721522 40. 91134095310064
 1. 9028530675860762 0.0 6659. 985736551267 6659. 985736551267
 3. 8057061351721524 266. 39942946205065 6127. 186877627165
 266. 39942946205065 1902. 8530675860761 8. 562838804137343
 2. 8542796013791145 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode3
 0. 936175479685578 13106. 456715598093 0.0 13106. 456715598093
 14. 04263219528367 524. 2582686239236 10616. 229939634455
 1965. 9685073397138 468. 087739842789 0.0
 1. 872350959371156 0.0 819. 1535447248808 819. 1535447248808
 3. 744701918742312 16. 383070894497614 770. 0043320413879
 32. 76614178899523 234. 0438699213945 0.0
 2. 808526439056734 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode4
 0. 9828125292391949 22015. 000654957967 0.0 22015. 000654957967
 14. 742187938587923 880. 6000261983187 17832. 15053051595
 3302. 250098243695 786. 250023391356 0.0

1. 9656250584783899	0.0	1857. 5156802620784	1857. 5156802620784
3. 9312501169567797		37. 34687611108941	1746. 4578644580495
74. 69375222217882		530. 7187657891652	0.0
2. 948437587717585	0.0	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode5

0. 9671692155622035	27080. 7380357417	0.0	27080. 7380357417
14. 507538233433053	541. 6147607148339		22477. 01256966561
4062. 1107053612545	967. 1692155622035		0.0
1. 934338431124407	0.0	1827. 9498174125645	1827. 9498174125645
3. 868676862248814		36. 75243019136373	1718. 6596960540355
73. 50486038272746		522. 2713764035899	0.0
2. 9015076466866105	0.0	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode6

0. 9923204541606148	92616. 24494817265	0.0	92616. 24494817265
17. 861768174891065	4631. 159559567589		71314. 10175870675
16670. 98362989833	3969. 281816642459		
1. 9846409083212295	0.0	6946. 243179124303	6946. 243179124303
3. 969281816642459		277. 84972716497214	6390. 543724794359
277. 84972716497214		1984. 6409083212295	
2. 9769613624818443	0.0	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	0.0 0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode7

0. 9688303098751111	452121. 13421848847	0.0	452121. 13421848847
17. 438945577752	22605. 71762031597		348133. 67056866316
81381. 74602950933	19376. 60619750222		0.0
1. 9376606197502222	0.0	3390. 9060845628887	3390. 9060845628887
3. 8753212395004444		101. 72718253688666	3153. 5426586434864
135. 63624338251554		968. 8303098751111	0.0
2. 9064909296253334	0.0	0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0	0.0 0.0 0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode8

0. 9880464701698854	82995. 90349427037	0.0	82995. 90349427037
19. 76092940339771	4979. 754209656223		61416. 96858576008
16599. 180698854074	3952. 1858806795417		0.0
1. 976092940339771	0.0	6916. 325291189198	6916. 325291189198
3. 952185880679542		276. 65301164756795	6363. 019267894062
276. 65301164756795		1976. 0929403397708	0.0

2.9641394105096563 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_2

Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode9

0.9801029302180821 20582.161534579725 0.0 20582.161534579725

19.602058604361645 1234.9296920747836 15230.799535588996

4116.432306915945 980.1029302180822

1.9602058604361643 0.0 1852.3945381121753 1852.3945381121753

3.9204117208723286 37.24391134828712 1741.642906997532

74.48782269657424 529.2555823177644

2.9403087906542464 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_2

Jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode10

0.9841196136739088 30999.767830728128 0.0 30999.767830728128

19.682392273478175 1859.9860698436876 22939.828194738813

6199.953566145625

1.9682392273478175 0.0 3719.972139687375 3719.972139687375

2.9523588410217263 111.2055163451517 3496.576987383398

111.2055163451517

2.9523588410217263 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0 0.0

Lampiran 33 Data output pengembangan model peramalan permintaan produk herbal primer, sekunder, dan tersier oleh konsumen untuk 10 periode

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_3

Pengembangan_model_permintaan_produk_herbal_herbal_primer

975.0008713943284	5850.005228365971	2925.0026141829853
9750.008713943285		
487.5004356971642	2437.5021784858213	975.0008713943284
3900.0034855773138		
97.50008713943285	341.25030498801493	48.750043569716425
487.5004356971642		
292.5002614182985	292.5002614182985	195.0001742788657
780.0006971154628		
292.5002614182985	487.5004356971642	195.0001742788657
975.0008713943284		
1462.5013070914927	487.5004356971642	1950.0017427886569
3900.0034855773138		
6825.0060997603	7800.0069711546275	4875.004356971643
19500.01742788657		
975.0008713943284	1950.0017427886569	975.0008713943284
3900.0034855773138		
146.25013070914926	487.5004356971642	341.25030498801493
975.0008713943284		
341.25030498801493	731.2506535457463	390.0003485577314
1462.5013070914927		

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_3

Pengembangan_model_permintaan_produk_herbal_sekunder

34143.89620224798	34422.90061121492	68566.7968134629
6828.779240449597	19929.304443306402	26758.083683756
1268.2018589406393	1915.9603468918583	3184.1622058324974
2926.6196744783983	2132.5302028032597	5059.1498772816585
195.1079782985599	331.68356310755183	6477.584879512189
7511.657164494556	7511.657164494556	15023.314328989112
39021.59565971198	36094.975985233585	75116.57164494556
6828.779240449597	6165.412114234493	12994.19135468409
1951.079782985599	1297.4680556854235	3248.5478386710224
2926.6196744783983	1946.202083528135	4872.821758006534

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_3

Pengembangan_model_permintaan_produk_herbal_tersier

2448. 384702633796	42362. 931478850995	44811. 31618148479
8324. 507988954907	8973. 81961209339	17298. 3276010483
979. 3538810535185	1039. 0944677977832	2018. 4483488513017
1469. 0308215802777	1759. 8989242531727	3228. 9297458334504
1958. 707762107037	1963. 6045315123047	3922. 3122936193417
6855. 47716737463	5077. 949873262493	12129. 297816847828
29380. 616431605555	31265. 872652633578	60646. 48908423913
5288. 510957689	4630. 385149621035	9918. 896107310036
1273. 1600453695742	1015. 5899746524987	2288. 750020022073
1469. 0308215802777	2250. 5552186609857	3719. 586040241263

Lampiran 34 Validasi data output pengembangan model peramalan permintaan produk herbal primer, sekunder, dan tersier oleh konsumen untuk 10 periode

Periode	Produk herbal primer				Produk herbal sekunder			Produk herbal tersier		
	$h_{t,nc}^{prim}$				$h_{t,nc}^{sec}$			$h_{t,nc}^{ter}$		
$t=$	h_{11}^{prim}	h_{12}^{prim}	h_{13}^{prim}	Σh^{prim}	h_{24}^{sec}	h_{25}^{sec}	Σh^{sec}	h_{36}^{ter}	h_{37}^{ter}	Σh^{ter}
1	1.000	6.000	3.000	9.200	7.465	2.488	9.157	137	46	183
2	500	2.500	1.000	3.680	2.913	971	3.580	54	18	72
3	100	350	50	460	344	115	422	6	2	8
4	300	300	200	736	551	184	675	10	3	14
5	300	500	200	920	705	235	865	13	4	17
6	1500	500	2.000	3.680	2.181	727	2.675	80	27	107
7	7000	8.000	5.000	18.402	10.904	3.635	13.377	401	134	535
8	1000	2.000	1.000	3.680	1.886	629	2.314	69	23	93
9	150	500	350	920	472	157	578	17	6	23
10	350	750	400	1.380	608	203	891	27	9	36

Lampiran 35 Data output peramalan biaya kesempatan untuk 10 periode

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penjualan_yang
_tidak_ditindaklanjuti_periode_1

68654.2608585887 6.865426085858871E8

45338.80379651856 6.347432531512598E7

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penjualan_yang
_tidak_ditindaklanjuti_periode_2

24721.514072668295 2.45270784749439E8

17171.57981303001 2.404021173824201E7

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penjualan_yang
_tidak_ditindaklanjuti_periode_3

2845.6001460791585 2.8456001460791588E7

1945.8466825046935 2724185.355506571

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penjualan_yang
_tidak_ditindaklanjuti_periode_4

4294.980009674366 4.294980009674366E7

3047.901225117603 4267061.715164645

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penjualan_yang
_tidak_ditindaklanjuti_periode_5

6085.257224398771 6.085257224398771E7

3995.3205219208326 5593448.730689165

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penjualan_yang
_tidak_ditindaklanjuti_periode_6

12836.371161450386 1.2836371161450386E8

11864.063942877838 1.6609689520028973E7

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penjualan_yang
_tidak_ditindaklanjuti_periode_7

74751.41184541486 7.475141184541485E8

60907.64708588572 8.527070592024001E7

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penjualan_yang
_tidak_ditindaklanjuti_periode_8

10493.654326646874 1.0493654326646875E8

9388.668818045897 1.3144136345264256E7

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penjualan_yang
_tidak_ditindaklanjuti_periode_9

2616.0457363600044 2.6160457363600045E7

2191.28992325209 3067805.8925529257

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Biaya_kesempatan_pada_setiap_periode_akibat_peluang_penjualan_yang
_tidak_ditindaklanjuti_periode_10

3831.7221214604056 3.831722121460406E7

3477.390828508153 4868347.159911415

Lampiran 36 Validasi data output peramalan biaya kesempatan untuk 10 periode

Periode	Produk herbal	Kesempatan penjualan yang hilang		Keuntungan yang hilang (Biaya kesempatan)
		(g)	(unit)	(Rp)
1	Sekunder	8.099	8.192	81.921.920
	Tersier	197.795	183	256.401
2	Sekunder	1.631	1.650	16.501.659
	Tersier	77.332	72	100.245
3	Sekunder	179	181	1.811.242
	Tersier	9.118	8	11.819
4	Sekunder	153	154	1.543.987
	Tersier	14.589	14	18.911
5	Sekunder	340	344	3.440.941
	Tersier	18.686	17	24.223
6	Sekunder	737	745	7.451.905
	Tersier	115.568	107	149.811
7	Sekunder	12.271	12.412	124.124.064
	Tersier	577.904	535	749.135
8	Sekunder	379	384	3.838.661
	Tersier	99.959	93	129.577
9	Sekunder	57	57	574.665
	Tersier	24.990	23	32.394
10	Sekunder	108	109	1.091.511
	Tersier	38.498	36	49.904
Total biaya kesempatan				243.822.975

Lampiran 37 Data output pengembangan model peramalan jumlah bahan baku utama (simplisia sambiloto), limbah, produk akhir, dan *reverse* untuk 10 periode sebagai fungsi *recursive* dari tahap 3

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode_1

0.	9094695013986864	272840.8504196059	0.0	272840.8504196059
	12.73257301958161	10913.634016784237		223729.49734407687
	38197.71905874483	9094.695013986864		0.0
1.	8189390027973729	0.0	223729.49734407687	223729.49734407687
	3.6378780055947457	6711.884920322306		208068.4325299915
	8949.179893763074	63922.97337530807		0.0
2.	728408504196059	0.0	208068.4325299915	208068.4325299915
	54.56817008392119	83227.37301199659		0.0
	124841.05951799489	41613.686505998296		0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode_2

0.	9497196201273923	113966.35441528707	0.0	113966.35441528707
	13.296074681783493	6837.9812649172245		91173.08353222966
	15955.28961814019	3798.8784805095693		40.837943665477866
1.	8994392402547846	0.0	91174.03325184979	91174.03325184979
	3.7988784805095692	3646.9233412891863		83879.2368496513
	3646.9233412891863	26049.859460474243		8.547476581146531
2.	849158860382177	0.0	83879.2368496513	83879.2368496513
	56.983177207643536	75.97756961019138		33551.69473986052
	50327.542109790775	16774.89765031013		0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode_3

0.	9636064587201306	13490.490422081828	0.0	13490.490422081828
	14.45409688080196	539.6196168832731		10927.297241886281
	2023.5735633122742	481.8032293600653		0.0
1.	9272129174402612	0.0	10927.297241886281	10927.297241886281
	3.8544258348805225	218.73866612946966		10272.044849956592
	440.3681516350997	3145.2114812625064		0.0
2.	8908193761603918	0.0	10272.044849956592	10272.044849956592
	55.88917460576758	4314.066115690025		0.0
	5957.978734266568	1985.9929114221893		0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_2

Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode_4

0.9545085372275673	21380.99123389751	0.0	21380.99123389751
14.31762805841351	855.2396493559004		17318.602899456982
3207.1486850846263	763.6068297820539		0.0
1.9090170744551347	0.0	17318.602899456982	17318.602899456982
3.8180341489102694	346.48659901360696		16279.143102416161
692.9731980272139	4950.081274062164		0.0
2.863525611682702	0.0	16279.143102416161	16279.143102416161
55.3614951591989	6837.144652161065	0.0	9441.998450255096
3147.0146472392894	0.0		

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_2

Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode_5

0.9415003989849406	26362.01117157834	0.0	26362.01117157834
14.12250598477411	527.2402234315667		21880.46927241002
3954.301675736751	941.5003989849406		0.0
1.8830007979698813	0.0	21880.46927241002	21880.46927241002
3.7660015959397626	437.7976855279974		20568.017716225015
875.5953710559947	6251.562649260006		0.0
2.824501196954822	0.0	20568.017716225015	20568.017716225015
51.782521944171734	9255.890422420951		0.0
11312.127293804062	3770.709097934687		0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage_Stage_2

Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode_6

0.9310490253651734	86897.59868440773	0.0	86897.59868440773
16.758882456573122	4.655245126825867		4345.205801379265
66910.76925689356	15641.623626134913		3724.1961014606936
0.0			
1.8620980507303468	0.0	66910.76925689356	66910.76925689356
2.7931470760955204	2.7931470760955204		2007.341698687314
62896.08585951893	2007.341698687314		14338.15499062367
0.0			
2.7931470760955204	0.0	62896.08585951893	62896.08585951893
51.20769639508454	41.897206141432804		28303.89037110127
0.0	34593.126537443015	11531.042179147673	0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode_7

0.9519571148451353	444246.97091343475	0.0	444246.97091343475
17.135228067212438	22212.015360681544		342070.5579057619
79964.39764699138	19039.142296902708		0.0
1.9039142296902707	0.0	342070.5579057619	342070.5579057619
2.855871344535406	10262.097698030559		321546.36250970076
10262.097698030559	73300.69784307542		0.0
2.855871344535406	0.0	321546.36250970076	321546.36250970076
52.35764131648244	144695.5775422309		0.0
176850.78496746987	58949.944336785	0.0	

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode_8

0.9149999308475142	76859.99419119119	0.0	76859.99419119119
18.299998616950283	4611.599651471472		56876.39570148148
15371.998838238238	3659.9997233900567		0.0
1.8299998616950284	0.0	56876.39570148148	56876.39570148148
2.7449997925425427	1706.474871030614		53463.445959420256
1706.474871030614	12187.79907888889		0.0
2.7449997925425427	0.0	53463.445959420256	53463.445959420256
47.57999640407074	25662.088060549384		0.0
27801.357898870872	9267.119299623624		0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode_9

0.9674312714258431	20316.056699942703	0.0	20316.056699942703
19.34862542851686	1218.9634019965622		15033.881957957601
4063.2113399885407	967.4312714258431		0.0
1.9348625428516861	0.0	15033.881957957601	15033.881957957601
2.902293814277529	450.82297248444286		14132.236012988715
450.82297248444286	3221.5461338480573		0.0
2.902293814277529	0.0	14132.236012988715	14132.236012988715
50.30642611414384	7348.607937750704		0.0
6783.628075238012	2260.886881322195		0.0

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_2

Pengembangan_model_jumlah_bahan_baku_utama_limbah_produk_akhir_dan_reverse_periode_10

0.9773444912219275	30786.351473490715	0.0	30786.351473490715
19.546889824438548	1847.181088409443		22781.90009038313
6157.270294698143	1466.0167368328912	0.0	
1.954688982443855	0.0	22781.90009038313	22781.90009038313
2.9320334736657823	684.1411438553492		21414.59514716365
684.1411438553492	4881.835733653527	0.0	
2.9320334736657823	0.0	21414.59514716365	21414.59514716365
50.82191354354023	10278.73201418101	0.0	
11135.863132982642	3711.9543776608807	0.0	

Lampiran 38 Validasi data output pengembangan model peramalan jumlah bahan baku utama (simplisia sambiloto), limbah, produk akhir, dan *reverse* untuk 10 periode sebagai fungsi *recursive* dari tahap 3

Produk ke-n Periode ke-t		Bahan baku utama dari pemasok	Bahan baku utama dari limbah & <i>reverse</i>	Keseluruhan bahan baku utama yang masuk	Probabilitas rendemen		Susut	Limbah	Kandungan rendemen produk akhir	Produk akhir	Produk <i>reverse</i>
		(g)	(g)	(g)	%	%	(g)	(g)	(g)	(unit)	(unit)
t=	n=	(x)	(y=l'+r')	(R=x+y=s+l+h)	(λ)		(s)	(l)	h= R.λ		(r)
1	1	276.000	0	276.000	14	4	11.040	226.320	38.640	9.200	0
	2	0	226.320	226.320	4	3	6789,6	210.478	9.053	9.157	0
	3	98.578	210.478	309.055	64	36	111259,8827	0	197.795	183	0
2	1	110.400	0	110.400	14	6	6.624	88.320	15.456	3.680	39
	2	0	88.484	88.484	4	4	3539,352	81.405	3.539	3.580	9
	3	39.417	81.414	120.831	64	36	43499,01558	0	77.332	72	0
3	1	12.880	0	12.880	15	4	515	10.433	1.932	460	0
	2	0	10.433	10.433	4	2	208,656	9.807	417	422	0
	3	4.899	9.807	14.706	62	38	5588,379944	0	9.118	8	0
4	1	20.608	0	20.608	15	4	824	16.692	3.091	736	0
	2	0	16.692	16.692	4	2	333,8496	15.691	668	675	0
	3	7.839	15.691	23.530	62	38	8941,407911	0	14.589	14	0
5	1	25.760	0	25.760	15	2	515	21.381	3.864	920	0
	2	0	21.381	21.381	4	2	427,616	20.098	855	865	0
	3	11.573	20.098	31.671	59	41	12985,20865	0	18.686	17	0

6	1	85.867	0	85.867	18	5	4.293	66.117	15.456	3.680	0
	2	0	66.117	66.117	4	4	2644,693333	60.828	2.645	2.675	0
	3	135.050	60.828	195.878	59	41	80310,12581	0	115.568	107	0
7	1	429.380	0	429.380	18	5	21.469	330.623	77.288	18.402	0
	2	0	330.623	330.623	4	3	9918,678	307.479	13.225	13.377	0
	3	672.019	307.479	979.498	59	41	401594,2758	0	577.904	535	0
8	1	77.280	0	77.280	20	6	4.637	57.187	15.456	3.680	0
	2	0	57.187	57.187	4	4	2287,488	52.612	2.287	2.314	0
	3	122.754	52.612	175.367	57	43	75407,6775	0	99.959	93	0
9	1	19.320	0	19.320	20	6	1.159	14.297	3.864	920	0
	2	0	14.297	14.297	4	2	285,936	13.439	572	578	0
	3	30.403	13.439	43.842	57	43	18851,91938	0	24.990	23	0
10	1	28.980	0	28.980	20	4	1.159	22.025	5.796	1.380	0
	2	0	22.025	22.025	4	1	220,248	20.924	881	891	0
	3	46.616	20.924	67.540	57	43	29042,14607	0	38.498	36	0

Lampiraan 39 Total ongkos tahap 2

Periode	Jenis produk	Jumlah produk yang dihasilkan	Ongkos produksi per unit	Total ongkos produksi
$t=$		(unit)	(Rp)	(Rp)
1	1	9.200	15.000	138.000.000
	2	9.157	10.000	91.571.920
	3	183	7.000	1.282.007
2	1	3.680	15.000	55.200.000
	2	3.580	10.000	35.801.659
	3	72	7.000	501.223
3	1	460	15.000	6.900.000
	2	422	10.000	4.221.242
	3	8	7.000	59.097
4	1	736	15.000	11.040.000
	2	675	10.000	6.753.987
	3	14	7.000	94.556
5	1	920	15.000	13.800.000
	2	865	10.000	8.650.941
	3	17	7.000	121.113
6	1	3.680	15.000	55.200.000
	2	2.675	10.000	26.751.905
	3	107	7.000	749.053
7	1	18.402	15.000	276.030.000
	2	13.377	10.000	133.774.064
	3	535	7.000	3.745.674
8	1	3.680	15.000	55.200.000
	2	2.314	10.000	23.138.661
	3	93	7.000	647.883
9	1	920	15.000	13.800.000
	2	578	10.000	5.784.665
	3	23	7.000	161.971
10	1	1.380	15.000	20.700.000
	2	891	10.000	8.911.511
	3	36	7.000	249.522
Total Ongkos Tahap 2				998.842.655

Lampiran 40 Data output peramalan ongkos transportasi per kg produk

Hasil Perhitungan Multi Stage Stage_3

Ongkos_transportasi_produk_n_ke_dari_gudang_produk_herbal_w_ke_dari_konsumen_c_ke_gudang_produk_reverse_r_dalam_satuan_rupiah_per_kg_berat_produk

306.2649800248105	301.4036311355278	301.4036311355278
909.0722422958661	311.12632891409316	2284.833977962872
340.2944222497894	311.12632891409316	340.2944222497894
340.2944222497894	340.2944222497894	4268.264324790216
306.2649800248105	301.4036311355278	301.4036311355278
909.0722422958661	6086.408809381948	
306.2649800248105	301.4036311355278	301.4036311355278
909.0722422958661	311.12632891409316	2284.833977962872
340.2944222497894	311.12632891409316	340.2944222497894
340.2944222497894	340.2944222497894	4268.264324790216
306.2649800248105	301.4036311355278	301.4036311355278
909.0722422958661	6086.408809381948	
306.2649800248105	301.4036311355278	301.4036311355278
909.0722422958661	311.12632891409316	2284.833977962872
340.2944222497894	311.12632891409316	340.2944222497894
340.2944222497894	340.2944222497894	4268.264324790216
306.2649800248105	301.4036311355278	301.4036311355278
909.0722422958661	6086.408809381948	
306.2649800248105	301.4036311355278	301.4036311355278
909.0722422958661	311.12632891409316	2284.833977962872
340.2944222497894	311.12632891409316	340.2944222497894
340.2944222497894	340.2944222497894	4268.264324790216
306.2649800248105	301.4036311355278	301.4036311355278
909.0722422958661	6086.408809381948	
306.2649800248105	301.4036311355278	301.4036311355278
909.0722422958661	311.12632891409316	2284.833977962872
340.2944222497894	311.12632891409316	340.2944222497894
340.2944222497894	340.2944222497894	4268.264324790216
306.2649800248105	301.4036311355278	301.4036311355278
909.0722422958661	6086.408809381948	
306.2649800248105	301.4036311355278	301.4036311355278
909.0722422958661	311.12632891409316	2284.833977962872
340.2944222497894	311.12632891409316	340.2944222497894
340.2944222497894	340.2944222497894	4268.264324790216
306.2649800248105	301.4036311355278	301.4036311355278
909.0722422958661	6086.408809381948	

306. 2649800248105	301. 4036311355278	301. 4036311355278
909. 0722422958661	311. 12632891409316	2284. 833977962872
340. 2944222497894	311. 12632891409316	340. 2944222497894
340. 2944222497894	340. 2944222497894	4268. 264324790216
306. 2649800248105	301. 4036311355278	301. 4036311355278
909. 0722422958661	6086. 408809381948	
306. 2649800248105	301. 4036311355278	301. 4036311355278
909. 0722422958661	311. 12632891409316	2333. 447466855699
340. 2944222497894	311. 12632891409316	340. 2944222497894
340. 2944222497894	340. 2944222497894	4316. 877813683043
306. 2649800248105	301. 4036311355278	301. 4036311355278
909. 0722422958661	6135. 0222982747755	
306. 2649800248105	301. 4036311355278	301. 4036311355278
909. 0722422958661	311. 12632891409316	2333. 447466855699
340. 2944222497894	311. 12632891409316	340. 2944222497894
340. 2944222497894	340. 2944222497894	4316. 877813683043
306. 2649800248105	301. 4036311355278	301. 4036311355278
909. 0722422958661	6135. 0222982747755	
298. 4868218019582	298. 4868218019582	298. 4868218019582
900. 3218142951572	308. 2095195805236	2330. 5306575221293
337. 3776129162198	308. 2095195805236	337. 3776129162198
337. 3776129162198	337. 3776129162198	4296. 460148348056
303. 34817069124085	298. 4868218019582	298. 4868218019582
900. 3218142951572	6097. 10377693837	

Lampiran 41 Data output peramalan ongkos transportasi produk n ke/dari gudang produk herbal w ke/dari konsumen c ke gudang produk $reverse$ r dalam satuan rupiah (Ongkos tahap3) 10 periode

Ongkos transportasi produk herbal (Rp/kg)																			
t=	c_{nw}^{fg}				c_{nwc}^{cust}								c_{ncr}^{rev}						c^{trans}
	c_{11}^{fg}	c_{22}^{fg}	c_{33}^{fg}	Σc_{nw}^{fg}	c_{111}^{cust}	c_{112}^{cust}	c_{113}^{cust}	c_{224}^{cust}	c_{225}^{cust}	c_{336}^{cust}	c_{337}^{cust}	Σc_{nwc}^{cust}	c_{111}^{rev}	c_{121}^{rev}	c_{131}^{rev}	c_{2421}^{rev}	c_{252}^{rev}	Σc_{ncr}^{rev}	
1	306	301	301	909	311	2.284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	301	301	909	6.086
2	306	301	301	909	311	2.284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	301	301	909	6.086
3	306	301	301	909	311	2.284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	301	301	909	6.086
4	306	301	301	909	311	2.284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	301	301	909	6.086
5	306	301	301	909	311	2.284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	301	301	909	6.086
6	306	301	301	909	311	2.284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	301	301	909	6.086
7	306	301	301	909	311	2.284	340	311	340	340	340	4.268	306	301	301	301	301	909	6.086
8	306	301	301	909	311	2.333	340	311	340	340	340	4.316	306	301	301	301	301	909	6.134
9	306	301	301	909	311	2.333	340	311	340	340	340	4.316	306	301	301	301	301	909	6.134
10	298	298	298	900	308	2.330	337	308	337	337	337	4.296	303	298	298	298	298	900	6.096

Jumlah produk herbal (unit)																			
t =	h_{nw}^{fg}				h_{nwc}^{cust}								h_{ncr}^{rev}						h^{trans}
	h_{11}^{fg}	h_{22}^{fg}	h_{33}^{fg}	Σh_{nw}^{fg}	h_{111}^{cust}	h_{112}^{cust}	h_{113}^{cust}	h_{224}^{cust}	h_{225}^{cust}	h_{336}^{cust}	h_{337}^{cust}	Σh_{nwc}^{cust}	h_{111}^{rev}	h_{121}^{rev}	h_{131}^{rev}	h_{2421}^{rev}	h_{252}^{rev}	Σh_{ncr}^{rev}	
1	9.200	9.157	183	18.540	920	5.520	2.760	7.465	2.488	137	46	20.136	0	0	0	0	0	0	38.676
2	3.680	3.580	72	7.332	460	2.300	920	2.913	971	54	18	7.956	5	25	9	7	2	48	15.335
3	460	422	8	891	92	322	46	344	115	6	2	967	0	0	0	0	0	0	1.858
4	736	675	14	1.425	276	276	184	551	184	10	3	1.548	0	0	0	0	0	0	2.972
5	920	865	17	1.802	276	460	184	705	235	13	4	1.957	0	0	0	0	0	0	3.760
6	3.680	2.675	107	6.462	1.380	460	1.840	2.181	727	80	27	7.015	0	0	0	0	0	0	13.477
7	18.402	13.377	535	32.315	6.441	7.361	4.600	10.904	3.635	401	134	35.074	0	0	0	0	0	0	67.389
8	3.680	2.314	93	6.086	920	1.840	920	1.886	629	69	23	6.608	0	0	0	0	0	0	12.694
9	920	578	23	1.522	138	460	322	472	157	17	6	1.652	0	0	0	0	0	0	3.174
10	1.380	891	36	2.307	322	690	368	608	203	27	9	2.346	0	0	0	0	0	0	4.652

Jumlah produk herbal (kg)																			
t =	h_{nw}^{fg}				h_{nwc}^{cust}								h_{ncr}^{rev}						h^{trans}
	h_{11}^{fg}	h_{22}^{fg}	h_{33}^{fg}	Σh_{nw}^{fg}	h_{111}^{cust}	h_{112}^{cust}	h_{113}^{cust}	h_{224}^{cust}	h_{225}^{cust}	h_{336}^{cust}	h_{337}^{cust}	Σh_{nwc}^{cust}	h_{111}^{rev}	h_{121}^{rev}	h_{131}^{rev}	h_{2421}^{rev}	h_{252}^{rev}	Σh_{ncr}^{rev}	
1	276	9.157	1.831	11.265	28	166	83	7.465	2.488	1.374	458	12.060	0	0	0	0	0	0	23.325
2	110	3.580	716	4.407	14	69	28	2.913	971	537	179	4.710	0	1	0	7	2	48	9.165
3	14	422	84	520	3	10	1	344	115	63	21	557	0	0	0	0	0	0	1.078
4	22	675	135	833	8	8	6	551	184	101	34	891	0	0	0	0	0	0	1.724
5	28	865	173	1.066	8	14	6	705	235	130	43	1.141	0	0	0	0	0	0	2.206
6	110	2.675	1.070	3.856	41	14	55	2.181	727	803	268	4.088	0	0	0	0	0	0	7.944
7	552	13.377	5.351	19.280	193	221	138	10.904	3.635	4.013	1.338	20.442	0	0	0	0	0	0	39.722
8	110	2.314	926	3.350	28	55	28	1.886	629	694	231	3.551	0	0	0	0	0	0	6.901
9	28	578	231	837	4	14	10	472	157	174	58	888	0	0	0	0	0	0	1.725
10	41	891	356	1.289	10	21	11	608	203	267	89	1.208	0	0	0	0	0	0	2.497

Ongkos transportasi produk herbal (Rp)												
t=	$c_{t,HW}^{fg}$				$c_{t,HW}^{cust}$							
	c_{11}^{fg}	c_{22}^{fg}	c_{33}^{fg}	$\Sigma c_{t,HW}^{fg}$	c_{111}^{cust}	c_{112}^{cust}	c_{113}^{cust}	c_{224}^{cust}	c_{225}^{cust}	c_{336}^{cust}	c_{337}^{cust}	$\Sigma c_{t,HW}^{cust}$
1	84.456	2.756.315	551.263	3.392.034	8.584	378.230	28.152	2.321.537	846.005	467.017	155.672	4.205.197
2	33.782	1.077.630	215.526	1.326.938	4.292	157.596	9.384	905.943	330.140	182.588	60.863	1.650.806
3	4.223	127.059	25.412	156.694	858	22.063	469	107.062	39.015	21.528	7.176	198.172
4	6.756	203.295	40.659	250.711	2.575	18.912	1.877	171.206	62.390	34.445	11.482	302.886
5	8.446	260.393	52.079	320.918	2.575	31.519	1.877	219.255	79.900	44.120	14.707	393.952
6	33.782	805.232	322.093	1.161.108	12.875	31.519	18.768	678.291	247.180	272.869	90.956	1.352.460
7	168.930	4.026.599	1.610.640	5.806.169	60.095	504.376	46.920	3.391.222	1.235.815	1.364.495	454.832	7.057.754
8	33.782	696.474	278.589	1.008.846	8.584	128.782	9.384	586.624	213.775	236.014	78.671	1.261.834
9	8.446	174.118	69.647	252.211	1.288	32.195	3.284	146.714	53.465	59.004	19.668	315.618
10	12.337	265.563	106.225	384.125	2.975	48.231	3.720	187.110	68.243	90.095	30.032	430.406

Ongkos transportasi pengembalian (reverse) produk herbal (Rp)						
$c_{t,HW}^{rev}$						c^{trans}
c_{111}^{rev}	c_{121}^{rev}	c_{131}^{rev}	c_{2421}^{rev}	c_{252}^{rev}	$\Sigma c_{t,HW}^{rev}$	
0	0	0	0	0	0	7.597.231
46	226	81	2.107	602	3.062	2.980.806
0	0	0	0	0	0	354.866
0	0	0	0	0	0	553.597
0	0	0	0	0	0	714.870
0	0	0	0	0	0	2.513.567
0	0	0	0	0	0	12.863.924
0	0	0	0	0	0	2.270.679
0	0	0	0	0	0	567.829
0	0	0	0	0	0	814.532

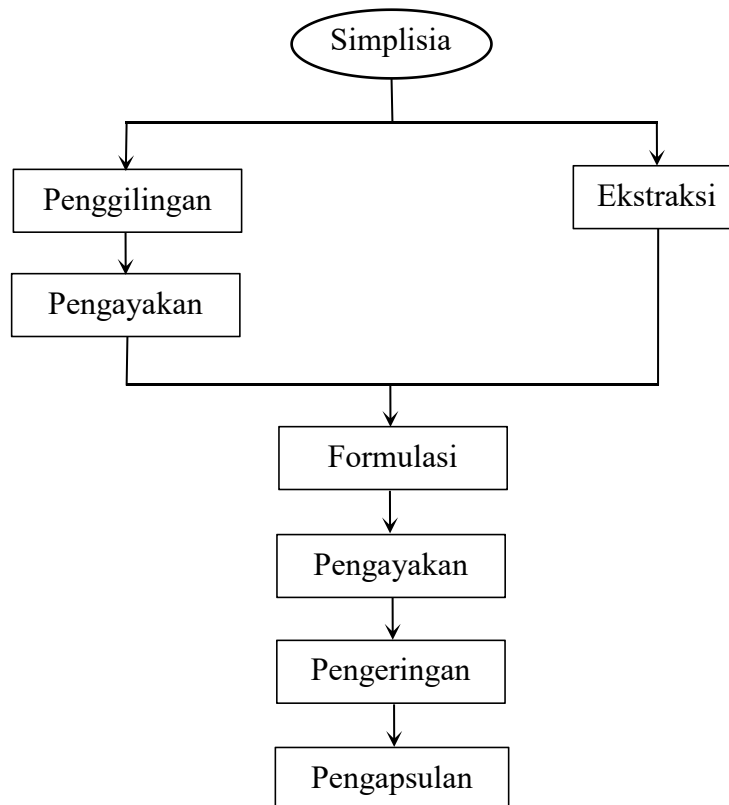
Total ongkos transportasi /distribusi/tahap 3
= Rp. 31.231.902.-

Lampiran 42 Ongkos pengadaan bahan baku utama dalam kontrak

kebutuhan bahan baku	Pemasok 1					Pemasok 2				
	Tersedia	Digunakan	kekurangan	Ongkos pengadaan		Tersedia	Digunakan	kekurangan	Ongkos pengadaan	
(g)	(g)	(g)	(g)	(Rp/g)	(Rp)	(g)	(g)	(g)	(Rp/g)	(Rp)
276.000	152.132	152.132	123.868	18	2.738.376	91.279	91.279	32.589	18	1.643.022
110.400	61.018	61.018	49.382	18	1.098.324	36.611	36.611	12.771	18	658.998
12.880	6.942	6.942	5.938	17,5	121.485	4.165	4.165	1.773	17,5	72.888
20.608	11.332	11.332	9.276	17,5	198.310	6.799	6.799	2.477	17,5	118.983
25.760	14.495	14.495	11.265	17,5	253.663	8.697	8.697	2.568	17,5	152.198
85.867	62.600	62.600	23.267	18	1.126.800	37.560	23.267	0	18	418.800
429.380	313.866	313.866	115.514	20	6.277.320	188.319	115.514	0	20	2.310.280
77.280	54.408	54.408	22.872	20	1.088.160	32.645	22.872	0	20	457.440
19.320	13.368	13.368	5.952	18	240.624	8.021	5.952	0	18	107.136
28.980	20.557	20.557	8.423	18	370.026	12.334	8.423	0	8	151.614

Pemasok 3					Pemasok 4					Total ongkos pengadaan
Tersedia	Digunakan	Kekurangan	Ongkos pengadaan		Tersedia	Digunakan	Kekurangan	Ongkos pengadaan		
(g)	(g)	(g)	(Rp/g)	(Rp)	(g)	(g)	(g)	(Rp/g)	(Rp)	
30.426	30.426	2.163	14,5	441.177	30.426	2.163	0	13,5	29.201	4.851.776
12.204	12.204	567	14,5	176.958	12.204	567	0	14,5	8.222	1.942.502
1.388	1.388	385	14,5	20.126	1.388	385	0	15,5	5.968	220.466
2.266	2.266	211	14,5	32.857	2.266	211	0	16,5	3.482	353.631
2.899	2.568	0	14,5	37.236	2.899	0	0	17,5	0	443.096
12.520	0	0	14,5	0	12.520	0	0	18,5	0	1.545.600
62.773	0	0	14,5	0	62.773	0	0	19,5	0	8.587.600
10.882	0	0	14,5	0	10.882	0	0	20,5	0	1.545.600
2.674	0	0	14,5	0	2.674	0	0	21,5	0	347.760
4.111	0	0	14,5	0	4.111	0	0	22,5	0	521.640

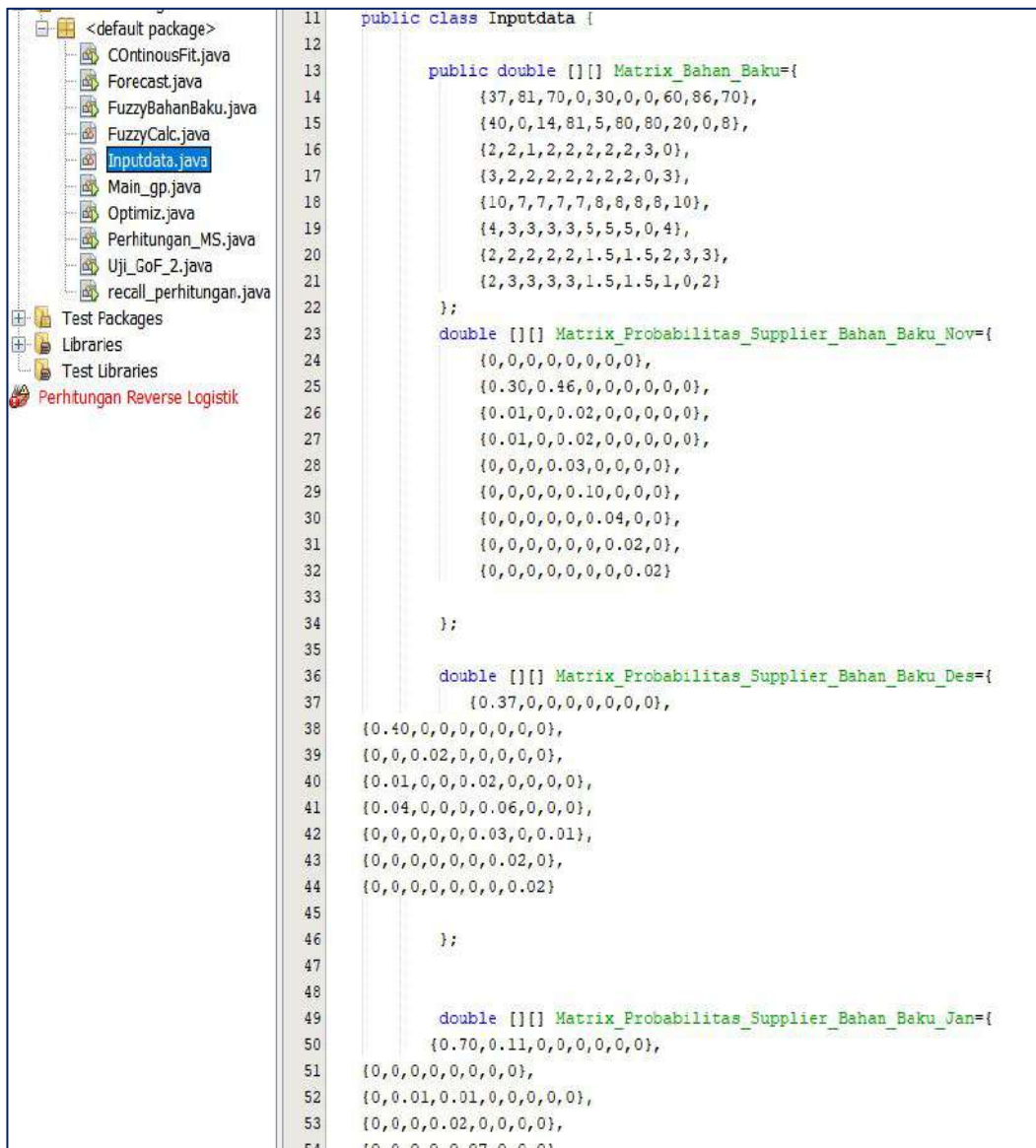
Lampiran 43 Bahan baku dan proses produksi kapsul sambiloto



Bahan Baku :

1. Simplisia sambiloto
2. Pelarut etanol
3. Aerosil
4. Amilum
5. Avicel
6. Kapsul

Lampiran 44 Tampilan input pada perangkat lunak



```

11 public class Inputdata {
12
13     public double [][] Matrix_Bahan_Baku={
14         {37,81,70,0,30,0,0,60,86,70},
15         {40,0,14,81,5,80,80,20,0,8},
16         {2,2,1,2,2,2,2,2,3,0},
17         {3,2,2,2,2,2,2,2,0,3},
18         {10,7,7,7,7,8,8,8,8,10},
19         {4,3,3,3,3,5,5,5,0,4},
20         {2,2,2,2,2,1.5,1.5,2,3,3},
21         {2,3,3,3,3,1.5,1.5,1,0,2}
22     };
23
24     double [][] Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_Nov={
25         {0,0,0,0,0,0,0,0,0},
26         {0.30,0.46,0,0,0,0,0,0},
27         {0.01,0,0.02,0,0,0,0,0},
28         {0.01,0,0.02,0,0,0,0,0},
29         {0,0,0,0,0.10,0,0,0},
30         {0,0,0,0,0,0.04,0,0},
31         {0,0,0,0,0,0,0.02,0},
32         {0,0,0,0,0,0,0,0.02}
33     };
34
35
36     double [][] Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_Des={
37         {0.37,0,0,0,0,0,0,0},
38         {0.40,0,0,0,0,0,0,0},
39         {0,0,0.02,0,0,0,0,0},
40         {0.01,0,0,0.02,0,0,0,0},
41         {0.04,0,0,0,0.06,0,0,0},
42         {0,0,0,0,0,0.03,0,0.01},
43         {0,0,0,0,0,0,0.02,0},
44         {0,0,0,0,0,0,0,0.02}
45     };
46
47
48
49     double [][] Matrix_Probabilitas_Supplier_Bahan_Baku_Jan={
50         {0.70,0.11,0,0,0,0,0,0},
51         {0,0,0,0,0,0,0,0},
52         {0,0.01,0.01,0,0,0,0,0},
53         {0,0,0,0.02,0,0,0,0},
54         {0,0,0,0,0.07,0,0,0}

```

Lampiran 45 Tampilan uji pola distribusi pada perangkat lunak

The screenshot displays an IDE with a project structure on the left, a code editor in the center, and an output window at the bottom. The code editor shows a Java class named `Uji_gof_2` with a `main` method and two static methods for goodness-of-fit tests. The output window shows the results of these tests for a Normal and Poisson distribution.

```

20 public class Uji_gof_2 {
21     public static void main(String[] args) {
22         perhitungan_rendemen();
23         perhitungan_susut();
24         perhitungan_reverse();
25         perhitungan_produk_tersier_beruv();
26         perhitungan_susut2();
27     }
28
29
30     public static void perhitungan_rendemen(){
31         System.out.println("-----");
32         System.out.println("GOF Rendemen");
33         double []x={14,4,0,14,4,0,15,4,0,15,4,0,15,4,0,15,4,0,15,4,0,20,4,0,20,4,0,20,3,0};
34
35         double[] result = DistributionTest.kolmogorov_smirnov_test(x, new Normal(15000,15000), TestKind.TWO_SIDED, true);
36         System.out.println("Goodnees of fit Normal Discribution");
37         for (int i = 0; i < result.length; i++) {
38             System.out.println(result[i]);
39         }
40
41         double[] result2 = DistributionTest.kolmogorov_smirnov_test(x, new Poisson(15000), TestKind.TWO_SIDED, true);
42         System.out.println("Goodnees of fit Poisson Discribution");
43         for (int i = 0; i < result2.length; i++) {
44             System.out.println(result2[i]);
45         }
46     }

```

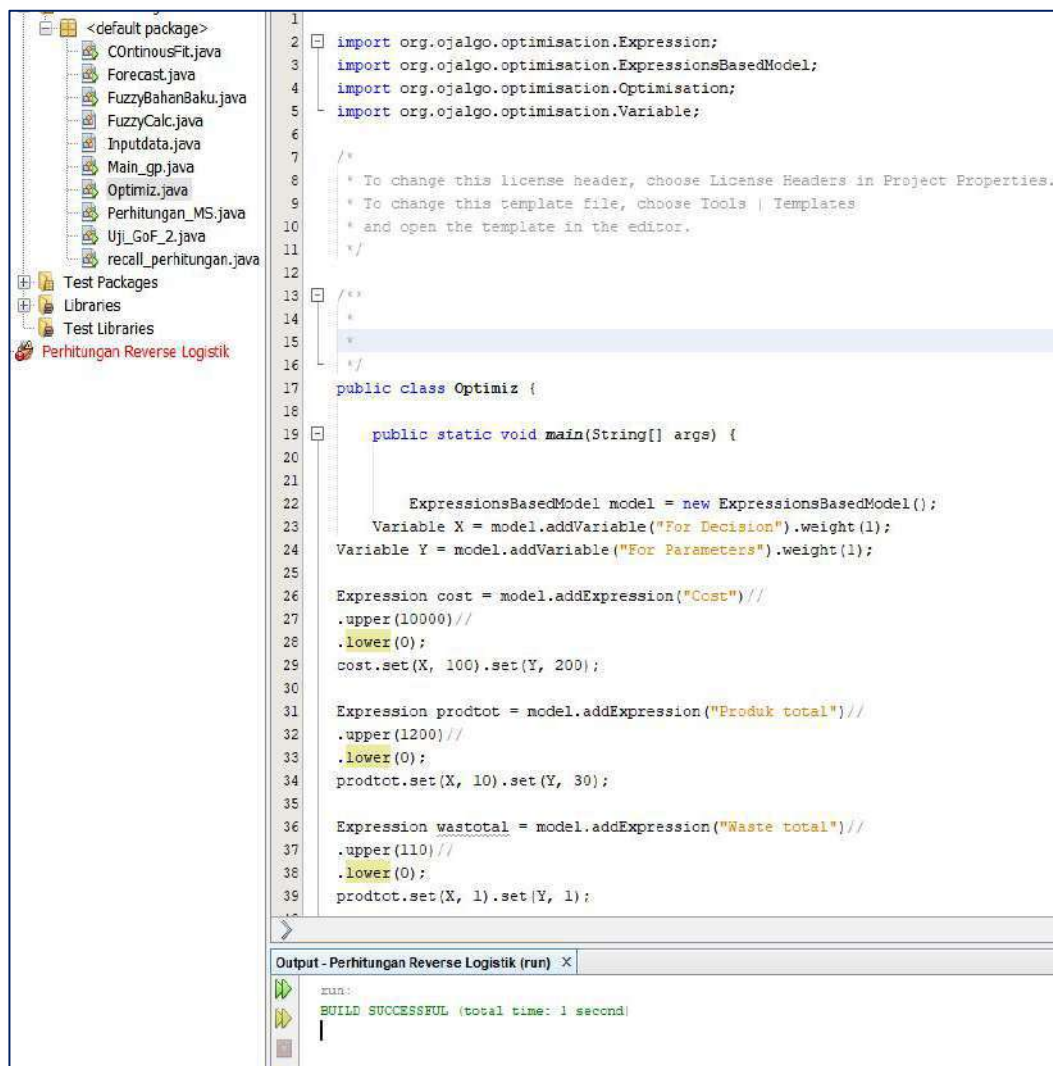
Output - Perhitungan Reverse Logistik (run) X

```

run:
-----
GOF Rendemen
Goodnees of fit Normal Distribution
0.84102193350826
1.385595745564761E-24
Goodnees of fit Poisson Distribution
1.0
0.0
Goodnees of fit Binomial Distribution
0.610350666666667
1.4541360204030256E-11
Goodnees of fit Hypergeometric Distribution
0.666666666666667
5.03630976402051E-14
Goodnees of fit Geometric Distribution
0.8
1.8227415908194149E-21

```


Lampiran 46 Tampilan optimasi fungsi tujuan pada perangkat lunak



The screenshot displays an IDE interface with a project explorer on the left and a code editor on the right. The project explorer shows a package structure with files like 'Optimiz.java' and 'Perhitungan_MS.java'. The code editor shows the following Java code:

```
1
2 import org.antlr.v4.runtime.Expression;
3 import org.antlr.v4.runtime.ExpressionsBasedModel;
4 import org.antlr.v4.runtime.Optimisation;
5 import org.antlr.v4.runtime.Variable;
6
7
8 /*
9  * To change this license header, choose License Headers in Project Properties.
10  * To change this template file, choose Tools | Templates
11  * and open the template in the editor.
12  */
13
14
15
16
17 public class Optimiz {
18
19     public static void main(String[] args) {
20
21         ExpressionsBasedModel model = new ExpressionsBasedModel();
22         Variable X = model.addVariable("For Decision").weight(1);
23         Variable Y = model.addVariable("For Parameters").weight(1);
24
25         Expression cost = model.addExpression("Cost")//
26             .upper(10000)//
27             .lower(0);
28         cost.set(X, 100).set(Y, 200);
29
30         Expression prodtot = model.addExpression("Produk total")//
31             .upper(1200)//
32             .lower(0);
33         prodtot.set(X, 10).set(Y, 30);
34
35         Expression wasttotal = model.addExpression("Waste total")//
36             .upper(110)//
37             .lower(0);
38         prodtot.set(X, 1).set(Y, 1);
39     }
40 }
```

The output window at the bottom shows the following text:

```
Output - Perhitungan Reverse Logistik (run) x
run:
BUILD SUCCESSFUL (total time: 1 second)
|
```

Lampiran 47 Tampilan fuzzifikasi pada perangkat lunak

The screenshot displays an IDE with a project structure on the left, a code editor in the center, and an output console at the bottom.

Project Structure:

- <default package>
 - COntinuousFit.java
 - Forecast.java
 - FuzzyBahanBaku.java
 - FuzzyCalc.java
 - Inputdata.java
 - Main_gp.java
 - Optimiz.java
 - Perhitungan_MS.java
 - Uji_GoF_2.java
 - recoll_perhitungan.java
- Test Packages
- Libraries
- Test Libraries
- Perhitungan Reverse Logistik

Code Editor:

```

29 //
30 public class FuzzyBahanBaku
31 {
32     Input jumlah_bahan_baku_dari_recycling,Kualitas_Bahan_Baku_dari_Recycling; //the inputs to the FIS
33     Output Jumlah_persentase_kualitas_bahan_baku; //the output of the FIS
34     TI_Rulebase rulebase; //the rulebase captures the entire FIS
35
36     public FuzzyBahanBaku()
37     {
38         //Define the inputs
39         jumlah_bahan_baku_dari_recycling = new Input("Jumlah Bahan Baku dari Recycling", new Tuple(0,100)); //a rating given by a person between 0 and 10
40         Kualitas_Bahan_Baku_dari_Recycling = new Input("Kualitas Bahan Baku dari Recycling", new Tuple(0,100));
41         Jumlah_persentase_kualitas_bahan_baku = new Output("Jumlah Persentase Bahan_Baku Kualitas tinggi", new Tuple(75,100)); //a percentage for the tip
42
43         //Set up the membership functions (MFs) for each input and output
44         TIMF_Triangular bahan_baku_recycling_SedikitMF = new TIMF_Triangular("MF for Jumlah Bahan Baku dari Recycling Sedikit",0.0, 0.0, 40);
45         TIMF_Triangular bahan_baku_recycling_SedangMF = new TIMF_Triangular("MF for Jumlah Bahan Baku dari Recycling Sedang",30, 60, 70);
46         TIMF_Triangular bahan_baku_recycling_BanyakMF = new TIMF_Triangular("MF for Jumlah Bahan Baku dari Recycling Banyak",65, 80, 100);
47
48         TIMF_Triangular KualitasBahanBakudariRecyclingAMF = new TIMF_Triangular("MF for kualitas bahan baku dari recycling Level Kualitas Tinggi",80.0, 90.0, 100.0);
49         TIMF_Triangular KualitasBahanBakudariRecyclingDMF = new TIMF_Triangular("MF for kualitas bahan baku dari recycling Level Kualitas Sedang",70.0, 80.0, 85.0);
50         TIMF_Triangular KualitasBahanBakudariRecyclingCMF = new TIMF_Triangular("MF for kualitas bahan baku dari recycling Level Kualitas Rendah",60.0, 70.0, 75.0);
51         TIMF_Triangular KualitasBahanBakudariRecyclingDMF = new TIMF_Triangular("MF for kualitas bahan baku dari recycling Level Kualitas Rendah Sekali",0.0, 0.0, 62.0);
52
53
54
55         TIMF_Triangular PersentaseKualitasBahanBakuAMF = new TIMF_Triangular("MF for Jumlah Pemesanan Bahan Baku Kualitas Kualitas Tinggi",85.0, 90.0, 100.);
    
```

Output - Perhitungan Reverse Logistik (run):

```

run:
Case Periodo 4
The Jumlah bahan baku dari recycling: 0.0
The Kualitas bahan baku dari recycling: 60.0
Using height defuzzification, FIS merekomendasikan bahwa persentase jumlahbahan baku kualitas Baik yang harus dibeli adalah : 90.0
Using centroid defuzzification, FIS merekomendasikan bahwa persentase jumlahbahan baku kualitas Baik yang harus dibeli adalah: 90.0
Exception in thread "main" java.lang.NoClassDefFoundError: org/math/plot/Plot2DPanel
    at FuzzyBahanBaku.plotMFs(FuzzyBahanBaku.java:129)
    at FuzzyBahanBaku.<init>(FuzzyBahanBaku.java:52)
    at FuzzyBahanBaku.main(FuzzyBahanBaku.java:140)
Caused by: java.lang.ClassNotFoundException: org.math.plot.Plot2DPanel
    at java.net.URLClassLoader.findClass(URLClassLoader.java:381)
    at java.lang.ClassLoader.loadClass(ClassLoader.java:424)
    at sun.misc.Launcher$AppClassLoader.loadClass(Launcher.java:336)
    at java.lang.ClassLoader.loadClass(ClassLoader.java:367)
    ... 3 more
C:\Users\Aster-AF\AppData\Local\NetBeans\Cache\8.1\executor-snippets\run.xml:53: Java returned: 1
BUILD FAILED (total time: 0 seconds)
    
```

Lampiran 48 Tampilan keluaran integrasi model formulasi pada perangkat lunak

- <default package>
- ContinuousFit.java
- Forecast.java
- FuzzyBahanBaku.java
- FuzzyCalc.java
- Inputdata.java
- Main_gp.java
- Optimiz.java
- Perhitungan_MS.java
- Uji_GoF_2.java
- recai_perhitungan.java

```

2463 public static void Total_Ongkos(I
2464
2465     for (int i = 0; i < 10; i++) {
2466         Random r=new Random();
2467         Inputdata ip=new Inputdata();
2468         double low = 0.500;
2469         double high = 0.999;
2470         double angka_r=r.nextDouble();
2471         double result = low+(high-low)*angka_r;
2472
                
```

Output - Perhitungan Reverse Logistik (run) X

Periodo	Jenis produk	Bahan baru dari limbah/reverse		Kuantitas		Kualitas		Fungsi tujuan		Goal Constraints		Pemasok												
		Kuantitas	Kualitas	Kuantitas	Kualitas	Total	Surplus biaya	Biaya	1	2	3	4	5	6	7									
1	Primer 0	0	D	276000	100	276000	0	1,967,748.00	9,448,178,393.63	A	0	18,000	0	A	899,086,307	18,000	10,678,869,834	A	899,086,307	14,500	8,59			
	Sekunder	334320	100	D	0	0	0	0	B	593,086,307	14,500	8,599,761,468	B		14,500	14,500	210,360	B	136,000	12,500	1,725,000	B	136,	
	Teksier 210478	68	E	98578	32	28364,15529	7813,74471																	
2	Primer 0	0	D	110400	100	110400	0	6,408,863.00	9,036,749,896.87	A	0	18,000	0	A	869,151,069	18,000	10,172,719,056	A	869,043,069	14,500	8,18			
	Sekunder	88484	100	D	0	0	0	0	B	668,165,559	14,500	8,194,900,600	B		27,000	14,500	391,500	B	69,332	12,500	866,652	B	69,332	12,0
	Teksier 81414	67	E	39417	33	11635,48305	27781,38685																	
3	Primer 0	0	D	12880	100	12880	0	3,040,778.00	8,380,268,979.68	A	0	17,500	0	A	818,265,230	17,500	9,069,643,283	A	818,196,998	14,500	7,51			
	Sekunder	10433	100	D	0	0	0	0	B	518,252,330	13,500	6,996,946,461	B		27,000	13,500	364,500	B	12,268	12,500	153,223	B	12,268	12,0
	Teksier 8807	67	E	4858	33	1038,588008	3855,411882																	
4	Primer 0	0	D	20600	100	20600	0	3,610,194.00	9,608,393,448.67	A	0	17,500	0	A	609,114,832	17,500	10,642,009,670	A	609,102,690	14,500	8,61			
	Sekunder	16692	100	D	0	0	0	0	B	608,141,830	13,500	8,205,934,817	B		27,000	13,500	364,500	B	10,606	12,500	135,072	B	10,606	12,0
	Teksier 15651	67	E	7835	33	2056,58868	5782,41182																	
5	Primer 0	0	D	26760	100	26760	0	3,066,910.00	10,569,049,980.63	A	0	17,500	0	A	674,399,634	17,500	11,001,991,836	A	674,389,728	14,500	9,77			
	Sekunder	21391	100	D	0	0	0	0	B	674,426,534	13,500	9,104,758,202	B		27,000	13,500	364,500	B	13,500	12,500	173,054	B	13,500	12,0
	Teksier 20058	68	E	11878	37	3219,32487	8948,07613																	
6	Primer 0	0	D	96967	100	96967	0	4,679,697.00	9,216,777,227.97	A	0	18,000	0	A	871,277,656	18,000	10,282,997,787	A	871,263,747	14,500	9,28			
	Sekunder	66117	100	E	0	0	0	0	B	871,304,655	14,500	8,283,937,455	B		27,000	14,500	391,500	B	44,548	12,500	556,856	B	44,548	12,0
	Teksier 60828	31	D	136050	69	39333,14964	95716,85036																	
7	Primer 0	0	D	429300	100	429300	0	1,967,369.00	7,576,683,241.69	A	0	20,000	0	A	437,659,906	20,000	8,763,198,104	A	437,616,367	14,500	6,28			
	Sekunder	330623	159	E	0	0	0	0	B	437,684,905	14,500	7,221,833,936	B		27,000	14,500	445,500	B	294,357	12,500	2,625,457	B	294,	
	Teksier 307479	31	D	472019	69	138351,6434	47867,8566																	
8	Primer 0	0	D	77200	100	77200	0	3,719,934.00	10,347,366,210.14	A	0	20,000	0	A	664,596,189	20,000	13,091,906,169	A	664,360,761	14,500	9,48			
	Sekunder	57137	100	E	0	0	0	0	B	654,622,108	14,500	10,801,264,781	B		27,000	16,500	445,500	B	137,816	12,500	1,722,657	B	137,	
	Teksier 82812	30	D	122784	70	31836,99173	81318,00827																	
9	Primer 0	0	D	19320	100	19320	0	1,426,324.00	8,477,647,729.82	A	0	18,000	0	A	524,780,925	18,000	9,446,056,668	A	524,543,110	14,500	7,60			
	Sekunder	14,287	100	E	0	0	0	0	B	524,807,825	14,500	7,609,734,919	B		27,000	14,500	391,500	B	25,428	12,500	317,850	B	25,428	12,0
	Teksier 13,439	31	D	30903	69	7616,832691	21987,16746																	
10	Primer 0	0	D	28980	100	28980	0	1,692,291.00	9,301,016,781.12	A	0	18,000	0	A	596,209,372	18,000	10,639,768,693	A	596,183,944	14,500	8,48			
	Sekunder	22,028	100	E	0	0	0	0	B	585,236,372	14,500	8,485,927,382	B		27,000	14,500	391,500	B	18,198	12,500	227,474	B	18,198	12,0
	Teksier 20,824	31	D	46616	69	12134,43274	34381,86726																	

BUILD SUCCESSFUL (total time: 0 seconds)

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota Mojokerto pada tanggal 20 November 1976 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Sumarno dan Ibu Nurhidayati. Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Teknik dan Manajemen Industri, STT Telkom Bandung, dan lulus pada tahun 2001. Pada tahun 2002, penulis diterima sebagai mahasiswa program magister (S-2) di Program Studi Teknik Industri, Universitas Indonesia dan menamatkannya pada tahun 2004. Kesempatan untuk melanjutkan ke program doktor pada program studi Teknik Industri Pertanian, Sekolah Pascasarjana IPB diperoleh pada tahun 2016 dengan beasiswa pendidikan pascasarjana yang diperoleh dari Kementerian Perindustrian. Penulis bekerja sebagai Dosen Tetap di Politeknik APP Jakarta sejak tahun 2016 hingga saat ini dan ditempatkan pada Program Studi Manajemen Logistik Industri Elektronika.

Selama menempuh pendidikan Doktor, penulis telah mengikuti forum-forum ilmiah internasional, di antaranya International Conference on Innovation in Technology and Management for Sustainable Agroindustry (ITaMSA) yang diselenggarakan IPB University pada tahun 2019 dan Malikussaleh International Conference on Multidisciplinary Studies (MICoMS) yang diselenggarakan Universitas Malikussaleh pada tahun 2017. Selama menempuh pendidikan Doktor penulis di antaranya bersama komisi pembimbing telah berhasil menghasilkan 4 artikel ilmiah, sebagai berikut:

No	Judul Artikel Ilmiah	Status
1	Desain sistem intelejensia bisnis pada rantai pasok produk jamu berbasis pentaho business intelligence	Jurnal Nasional: Jurnal Manajemen Industri dan Logistik (JMIL), 2017.
2	An Analysis and Design of a Virtual Collaboration Information System of the Jamu Supply Chain Network Based on an FairAdaptive Contract	Telah terbit pada Emerald Reach Proceedings Series: Proceedings of MICoM, 2018.
3	A sensitivity analysis of stochastic programming for reverse logistic of herbs agro-industry: a case study of herbs logistic in Indonesia.	Telah terbit pada prosiding IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, ITaMSA, 2020.
4	A Multi-Stage Hybrid Fuzzy-Stochastic Programming Model for Reverse Logistic in Herbal Agro-industry Under Multiple Uncertain Parameters	Submit pada Jurnal Internasional (Q2): Asian Journal of Shipping and Logistics