



DAMPAK COMMON COMPONENTS TERHADAP TINGKAT SCHEDULE INSTABILITY DALAM SEBUAH SISTEM RANTAI PASOK SEDERHANA

Bilal Ahmadi^{1,}, I Nyoman Pujawan², Erwin Widodo³*

Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Gedung Teknik Industri, Kampus ITS Keputih Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur, 60111

Telp: (031) 5939361

E-mail: bill.ahmadi@gmail.com¹⁾

ABSTRAK

Ketidakstabilan jadwal produksi (dikenal dengan istilah *schedule instability*) adalah fenomena umum yang terjadi pada perusahaan manufaktur. Berbagai penyebab dan strategi untuk meminimalkan dampak negatifnya telah diteliti. Salah satu strategi yang belum banyak dibahas adalah penggunaan komponen yang umum (*common components*), dimana industri dengan sistem *mass customization* dapat diuntungkan dengan tingkat variasi produk yang tinggi pada harga yang rasional. Studi ini bertujuan untuk mengetahui level *common components* yang tepat sehingga mampu mengatasi ketidakstabilan jadwal secara efektif. Eksperimen dilakukan dengan mempertimbangkan sistem rantai pasok sederhana yang memiliki ketidakpastian di hulu dan hilir. Hasil eksperimen menunjukkan strategi *common components* pada level tertentu dapat mengurangi resiko ketidakpastian yang ada dalam rantai pasok dengan baik. Selain itu juga didapatkan *service level* yang meningkat dengan biaya total lebih rendah.

Kata kunci: *schedule instability, common components, rantai pasok, service level.*

PENDAHULUAN

Ketidakstabilan pada aktivitas penjadwalan produksi (umumnya dikenal dengan istilah *schedule instability* atau *schedule nervousness*) telah ada dan menjadi bahan diskusi yang hangat selama lebih dari tiga dekade terakhir. Hingga saat ini, isu *schedule instability* masih menjadi topik yang menarik, baik bagi para peneliti maupun praktisi (Pujawan, 2008). Terminologi kegugupan (*nervousness*) dan ketidakstabilan (*instability*) dapat didefinisikan dalam berbagai dimensi sudut pandang. Lingkungan yang *nervous* dapat merupakan akibat dari berubahnya jadwal produksi secara kontinu (Blackburn dkk., 1985). Sridharan dan Kadipasaoglu (1995) menilai *nervousness* terjadi ketika terdapat perubahan yang terlalu banyak pada jadwal produksi. Penjadwalan ulang terhadap *top-level items* yang menyebabkan perubahan terhadap *level items* yang lebih rendah juga dapat dikategorikan sebagai *nervousness* (Grubbstrom dan Tang, 2000).

Terjadinya *schedule instability* dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Pujawan dan Smart (2012) telah merangkum beberapa faktor yang diidentifikasi oleh para peneliti sebelumnya antara lain: struktur biaya, metode ukuran pemesanan (*lot sizing*), mekanisme pelepasan *order*, panjang dari periode perencanaan, frekuensi perencanaan ulang, *error* dari peramalan dan kompleksitas struktur produk. Faktor-faktor tersebut dapat berdiri sendiri maupun berinteraksi satu dengan yang lain sehingga menghasilkan tingkat *schedule instability* yang berbeda-beda. Ketika terjadi fenomena *schedule instability*, maka dapat terjadi efek yang tidak diinginkan terhadap kinerja perusahaan. Dampak-dampak negatif yang dapat timbul juga telah diteliti sebelumnya. Pujawan (2004) menggabungkan beberapa temuan negatif akibat



schedule instability dari penelitian sebelumnya antara lain: menurunkan kepercayaan diri manajemen terhadap sistem, gangguan pada perencanaan personel dan permasalahan pembebanan kerja mesin. Tidak menutup kemungkinan juga terjadi permintaan yang tidak perlu kepada *supplier*, serta peningkatan persediaan, *premium freight*, *material handling* dan intervensi manajerial.

Sejumlah penelitian telah dilakukan untuk mengurangi dampak dari *schedule instability*. Beberapa macam metode yang diusulkan antara lain: menambah elemen biaya penjadwalan ulang pada perhitungan total biaya (Carlson dkk 1979, Kropp dkk 1983, Kazan dkk 2000), penyesuaian model *lot sizing* (Jensen 1993, de Kok dan Inderfurth 1997, Jeunet dan Jonard 2000, Heisig 2001), penggunaan strategi *frozen schedule* (Sridharan dkk 1987, Zhao dan Lee 2003, Xie dkk 2003), penggunaan strategi *safety stock/buffering* (Etienne 1987, Sridharan dan LaForge 1989, 1990, Metters 1993, Zhao dkk 2001), serta penggunaan *common components* (komponen yang sama) untuk beberapa produk akhir (biasa disebut dengan *component sharing/component commonality*) (Su dkk 2004, Zhou dan Grubbstrom 2004, Song dan Zhao 2009).

Konsep *component commonality* banyak diaplikasikan oleh perusahaan manufaktur yang memiliki karakteristik permintaan variasi tinggi. Hal ini mendorong perusahaan manufaktur melakukan apa yang disebut dengan *mass customization*, dimana *component commonality* menjadi konsep sentral untuk mencapai tingkat variasi yang tinggi dengan biaya yang rasional (Meixell, 2005). Variasi produk cenderung berdampak negatif bagi operasional produksi karena meningkatkan kompleksitas dan biaya produksi. Penggunaan komponen yang sama pada struktur produk yang berbeda dapat mengurangi kompleksitas tersebut. Selain itu, fluktuasi permintaan akan lebih berpengaruh pada produk dengan ragam komponen penyusun yang berbeda dibandingkan dengan beberapa jenis komponen yang sama. Pada akhirnya hal ini dapat mempengaruhi *schedule instability* dari sisi ketersediaan komponen yang lebih baik.

Namun tidak selamanya penggunaan *common components* dapat mengurangi biaya operasional (Song dan Zhao, 2009). Temuan keuntungan yang diberikan *component commonality* pada model statis tidak selalu benar, khususnya apabila mempertimbangkan *lead time* dari komponen tersebut. Dengan demikian diperlukan penelitian-penelitian lanjutan yang mencakup faktor-faktor operasional yang beragam untuk melihat keuntungan dari aplikasi *component commonality*.

Penelitian ini mempelajari permasalahan *schedule instability* dalam konteks sistem rantai pasok sederhana, yaitu pada entitas pamanufaktur dan pemasok dengan mengakomodir kondisi operasional yang berbeda. Untuk mengurangi dampak *schedule instability* digunakan aplikasi dari *component commonality* yang belum banyak dibahas dalam konteks rantai pasok. Studi eksperimental dilakukan untuk melihat tingkat *instability*, *service level* dan *total cost* pada masing-masing entitas.

METODE

Studi eksperimen faktorial penuh (*full factorial experiment*) dilakukan untuk mengamati pengaruh tingkat *component commonality* yang berbeda terhadap tingkat *schedule instability* beserta dua ukuran kinerja lainnya, *service level* dan *total cost*, pada sebuah sistem rantai pasok sederhana, yaitu hubungan antara satu pamanufaktur dan satu pemasok tunggal.

Pamanufaktur diasumsikan menerima permintaan dari pelanggan yang bersifat tidak pasti dan berdistribusi normal. Variabilitas permintaan direpresentasikan oleh faktor *Coefficient of Variations (CV)*, dimana nilai $CV = 0.1$ mewakili permintaan yang relatif stabil sedangkan $CV = 0.4$ menggambarkan fluktuasi permintaan yang tinggi. Pamanufaktur melakukan peramalan permintaan yang memiliki dua tingkat nilai error yaitu 0.1 dan 0.3.



Selanjutnya pamanufaktur melakukan pemesanan komponen kepada pemasok, dimana kuantitas dan periode pemesanan ditentukan menggunakan metode (s, S). Artinya ketika level persediaan mencapai batas nilai s atau di bawahnya, maka dilakukan pemesanan sejumlah S dikurangi posisi persediaan terakhir. Setelah menerima pesanan dari pamanufaktur, pemasok juga mengaplikasikan metode (s, S) untuk kebijakan persediaannya.

Pada kedua entitas, struktur biaya dan pola permintaan berpengaruh terhadap kuantitas pemesanan yang terjadi. Struktur biaya yang dimaksud disini adalah rasio antara biaya pemesanan dengan biaya penyimpanan. Beberapa penelitian terdahulu mengaplikasikan struktur biaya tertentu yang menghasilkan pemesanan untuk memenuhi permintaan sejumlah periode ke depan, yang kemudian dikenal dengan natural *order cycle* atau *time between order* (TBO). Pada penelitian ini, pamanufaktur dan pemasok memiliki struktur biaya yang menyebabkan terjadinya T_m (TBO pamanufaktur) dan T_s (TBO pemasok). Tiga macam struktur biaya pada pamanufaktur menyebabkan terjadinya T_m sebesar 1, 3 dan 5 periode, sedangkan bagi pemasok terdapat dua struktur biaya yang menyebabkan terbentuknya T_s sebesar 3 dan 6 periode.

Untuk melihat dampak dari *common components* terhadap tingkat *schedule instability*, digunakan tiga indeks *commonality* berbeda dengan struktur produk seperti terlihat pada gambar 2. Terdapat dua produk akhir A dan O. Saat tidak ada komponen yang sama (indeks *commonality* = 0) maka produk A dan O disusun dari komponen unik B, C, D, E, F, P, Q dan R. Perhitungan indeks *commonality* menggunakan rumusan yang disusun oleh Wacker dan Treleven (1986) yang disebut dengan *Total Constant Commonality Index* (TCCI) sebagai berikut:

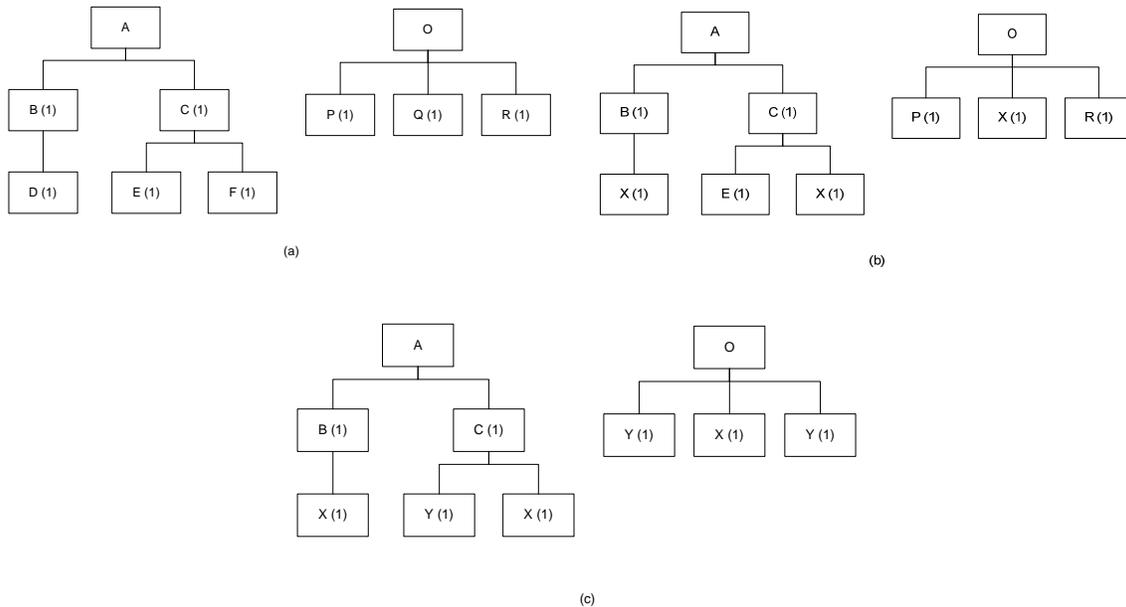
$$TCCI = 1 - \frac{d - 1}{\sum_{j=1}^d \varphi_j - 1} \dots \dots \dots (1)$$

dimana:

d = jumlah dari komponen-komponen yang berbeda dalam set produk akhir atau tingkat struktur produk, dan

φ_j = banyaknya *parent item* langsung yang dimiliki oleh komponen j dalam set produk akhir atau tingkat struktur produk.

Dua buah *common components* yang dimasukkan ke dalam struktur produk awal adalah komponen X dan Y, dimana komponen X dapat menggantikan komponen D, F dan Q, sedangkan komponen Y mampu mensubstitusi komponen E, P dan R. Hasilnya terdapat dua nilai TCCI yaitu $TCCI = 0.3$ dan $TCCI = 0.6$, masing-masing diperlihatkan pada gambar 2 (b) dan 2 (c). Angka pada masing-masing komponen mengindikasikan rasio kebutuhan terhadap *parent item*. Diasumsikan produk akhir memiliki *lead time* 2 periode, sedangkan komponen memiliki nilai *lead time* 1 periode.



Gambar 2. Struktur produk dengan indeks commonality yang berbeda, (a) TCCI = 0, (b) TCCI = 0.3, dan (c) TCCI = 0.6

Tingkat *schedule instability* dihitung dengan memodifikasi rumusan yang diajukan oleh Sridharan dan Kadipasaoglu (1995), yaitu *instability* diartikan sebagai rata-rata perubahan kuantitas pesanan pada multi siklus perencanaan untuk semua item dan semua level terhadap jumlah kuantitas pesanan pada siklus perencanaan sebelumnya.

$$I = \frac{\sum_{\forall k > 1} \sum_{j=0}^m [\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{t=M_k}^{M_{k-1}+N-1} |Q_{ijt}^k - Q_{ijt}^{k-1}|]}{\sum_{\forall k \geq 1} \sum_{j=0}^m [\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{t=1}^{T-1} Q_{ijt}^{k-1}]} \dots \dots \dots (2)$$

dimana:

- j : indeks untuk level ke j dari suatu struktur produk
- i : indeks untuk *item* ke i pada level j dari suatu struktur produk
- t : periode waktu
- N : panjang horison perencanaan
- k : siklus perencanaan
- M_k : periode awal dari siklus perencanaan, dan
- Q_{ijt}^k : kuantitas pemesanan untuk *item* i pada level j ketika periode t dan siklus perencanaan k

Sedangkan nilai *service level* diukur melalui metode *fill rate*, yaitu proporsi dari *end-item demand* yang dapat dipenuhi dari stok. Metode ini dipilih karena kemudahan proses perhitungannya dan juga telah digunakan dalam beberapa penelitian sebelumnya (Sridharan dan LaForge, 1990, Zhao dan Lee, 1993, Sridharan dan Kadipasaoglu, 1995).

Untuk elemen biaya yang diperhitungkan dalam studi ini terdiri dari *holding cost*, *setup/order cost*, serta *expediting cost* (yaitu biaya tambahan yang dikeluarkan untuk mengirimkan item lebih cepat daripada *lead time*). Dua elemen biaya pertama merupakan elemen biaya umum dan telah dijadikan pertimbangan dalam studi-studi sebelumnya (Zhao dan Lee 1993, Sridharan dan Kadipasaoglu 1995), sedangkan elemen biaya terakhir belum



banyak penelitian yang memasukkannya sebagai ukuran kinerja sistem walaupun dalam kenyataan peristiwa tersebut sangat mungkin untuk terjadi.

Keseluruhan faktor eksperimental di atas menghasilkan *experimental cell* sebanyak 72 buah, kemudian dilakukan sebanyak lima kali replikasi sehingga menghasilkan jumlah percobaan sebanyak 360 *cell* yang disimulasikan sepanjang 300 periode dengan bantuan *software* Matlab 7.0.6. Rangkuman dari faktor eksperimental disajikan pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Faktor-faktor eksperimental

Faktor	Level	Jumlah Level
Variabilitas permintaan	CV = 0,1; 0,4	2
Ketidakpastian permintaan	STD = 0.1, 0.3	2
<i>Commonality index</i>	TCCI = 0; 0.3; 0.6	3
TBO pemanufaktur (T_M)	$T_M = 1, 3, 5$	3
TBO pemasok (T_S)	$T_S = 3, 6$	2
Jumlah <i>experimental cell</i>		72
Replikasi		5
Jumlah eksperimental		360

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari simulasi untuk ukuran kinerja tingkat *schedule instability* disajikan pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Nilai *schedule instability* untuk pemanufaktur

Time Between Order		TCCI = 0				TCCI = 0.3				TCCI = 0.6			
		CV = 0.1		CV = 0.4		CV = 0.1		CV = 0.4		CV = 0.1		CV = 0.4	
		STD = 0.1	STD = 0.3	STD = 0.1	STD = 0.3	STD = 0.1	STD = 0.3	STD = 0.1	STD = 0.3	STD = 0.1	STD = 0.3	STD = 0.1	STD = 0.3
T_m	T_s												
1	3	1.0872	1.2464	2.2280	2.3846	0.9872	1.1232	1.9374	2.0588	0.7581	0.8448	1.3523	1.4996
3	3	1.9076	2.2526	3.2675	3.3658	1.7299	1.9889	2.8701	2.9580	1.2100	1.4017	2.1385	2.1605
5	3	2.7715	3.2255	4.0783	4.0757	2.3917	2.7492	3.7048	3.7361	1.6473	1.8305	2.7136	2.6839
1	6	1.0890	1.2667	2.2912	2.3754	0.9736	1.0946	1.9611	2.0764	0.7670	0.8434	1.4772	1.5170
3	6	1.9663	2.2193	3.2405	3.3111	1.7177	1.9665	2.9661	3.0189	1.2087	1.3686	2.0346	2.1818
5	6	2.8504	3.1809	4.0160	4.1735	2.3441	2.7492	3.7311	3.5431	1.5648	1.8979	2.5750	2.6990

Tabel 3. Nilai *schedule instability* untuk pemasok

Time Between Order		TCCI = 0				TCCI = 0.3				TCCI = 0.6			
		CV = 0.1		CV = 0.4		CV = 0.1		CV = 0.4		CV = 0.1		CV = 0.4	
		STD = 0.1	STD = 0.3	STD = 0.1	STD = 0.3	STD = 0.1	STD = 0.3	STD = 0.1	STD = 0.3	STD = 0.1	STD = 0.3	STD = 0.1	STD = 0.3
T_m	T_s												
1	3	2.3267	2.7253	3.8066	3.8561	1.9486	2.3109	3.2839	3.4046	1.0567	1.2401	2.2538	2.3538
3	3	2.6495	3.0121	3.8726	4.0882	2.3491	2.6001	3.5825	3.6804	1.4864	1.7398	2.7690	2.8827
5	3	3.5733	3.8367	4.6029	4.5552	3.1189	3.4983	4.2049	4.1984	2.2549	2.4247	3.2534	3.2312
1	6	4.0633	4.2885	4.7929	4.8256	3.2617	3.4500	4.1291	4.2068	1.3630	1.6292	2.7950	2.8566
3	6	4.1872	4.3339	4.8860	4.9210	3.4443	3.6077	4.3326	4.3710	1.9662	2.1163	2.9797	3.2092
5	6	4.9448	4.9572	5.1811	5.2520	4.2004	4.3280	4.7033	4.7360	2.7002	3.0058	3.4377	3.5545

Terdapat beberapa hal penting yang dapat diambil dari hasil simulasi di atas. Pertama, bagi kedua entitas, nilai *instability* akan semakin rendah ketika variabilitas permintaan tidak terlalu besar. Seiring dengan meningkatnya variabilitas dan ketidakpastian permintaan, maka tingkat *instability* pun juga semakin meningkat. Kedua, nilai *instability* pemasok lebih tinggi daripada pemanufaktur untuk seluruh level variabilitas dan ketidakpastian permintaan.



Temuan ini menggambarkan bahwa pemasok adalah pihak yang paling dirugikan dari adanya *schedule instability* ini khususnya ketika permintaan bersifat tidak pasti.

Selain itu, hasil di atas juga menunjukkan bahwa keberadaan *common components* mampu mereduksi *instability* penjadwalan produksi maupun pemesanan. Hal ini dapat dilihat dari tren penurunan *instability* baik pada pamanufaktur maupun pemasok seiring dengan dimasukkannya *common components* ke dalam struktur produk. Pada pamanufaktur terdapat penurunan *instability* sebesar 12% untuk TCCI = 0.3 dan 36% untuk TCCI = 0.6. Sedangkan pemasok mampu mengurangi *instability* sebesar 13% dan 42% ketika pamanufaktur mengaplikasikan dua nilai TCCI tersebut secara berturut-turut.

Untuk mengetahui lebih jauh faktor-faktor apa saja yang berpengaruh signifikan terhadap *schedule instability*, juga dilakukan *analysis of variance* (ANOVA). Pada pamanufaktur, variabilitas permintaan menjadi faktor utama yang berpengaruh terhadap *instability*. Hal ini sejalan dengan temuan para peneliti sebelumnya. Disamping faktor eksternal tersebut, terdapat dua faktor internal yang berpengaruh signifikan yaitu Tm dan TCCI. Hal ini mengindikasikan bahwa pamanufaktur mampu mengurangi *instability* dengan memperhatikan faktor TBO dan keberadaan *common components* pada struktur produk yang dimilikinya.

Tabel 4. Output ANOVA untuk *schedule instability* pamanufaktur

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TCCI	60.017	2	30.009	3885.732	.000
Tm	132.964	2	66.482	8608.569	.000
Ts	.001	1	.001	.106	.745
CV	90.906	1	90.906	11771.231	.000
STD	2.111	1	2.111	273.357	.000
TCCI x Tm	5.699	4	1.425	184.502	.000
TCCI x Ts	.005	2	.002	.324	.724
TCCI x CV	1.859	2	.930	120.359	.000
TCCI x STD	.070	2	.035	4.503	.012
Tm x Ts	.027	2	.013	1.746	.176
Tm x CV	.302	2	.151	19.544	.000
Tm x STD	.059	2	.030	3.832	.023
Ts x CV	.000	1	.000	.033	.857
Ts x STD	.001	1	.001	.083	.774
CV x STD	.642	1	.642	83.185	.000

Sedangkan bagi pemasok, faktor TCCI memiliki nilai F terbesar dibandingkan dengan faktor-faktor yang lain. Selain TCCI, variabilitas permintaan juga memiliki pengaruh signifikan yang cukup besar pula. Hal yang menarik adalah bahwa Tm juga memiliki pengaruh signifikan terhadap *instability* yang dialami oleh pemasok. Kondisi ini terjadi karena pemasok mendapatkan input permintaan dari pamanufaktur. Sehingga ketika nilai dari Tm mengalami perubahan tentu akan berpengaruh terhadap aktivitas pemasok. Sedangkan bagi pamanufaktur, nilai Ts tidak signifikan karena bukan menjadi input bagi aktivitas pamanufaktur.



Tabel 5. Output ANOVA untuk *schedule instability* pemasok

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
TCCI	183.596	2	91.798	7626.748	.000
Tm	50.401	2	25.200	2093.685	.000
Ts	58.345	1	58.345	4847.446	.000
CV	75.857	1	75.857	6302.362	.000
STD	2.120	1	2.120	176.161	.000
TCCI x Tm	1.077	4	.269	22.362	.000
TCCI x Ts	8.822	2	4.411	366.485	.000
TCCI x CV	.876	2	.438	36.370	.000
TCCI x STD	.003	2	.001	.116	.890
Tm x Ts	.844	2	.422	35.065	.000
Tm x CV	2.788	2	1.394	115.821	.000
Tm x STD	.060	2	.030	2.509	.083
Ts x CV	2.850	1	2.850	236.750	.000
Ts x STD	.065	1	.065	5.362	.021
CV x STD	.581	1	.581	48.289	.000

Selain faktor tunggal, diselidiki juga interaksi antar faktor yang berpengaruh signifikan terhadap *instability* di kedua pihak. Pada kedua entitas, interaksi dua faktor yang memiliki pengaruh terbesar bagi tingkat *instability* adalah antara TCCI dan Tm pada pamanufaktur serta TCCI dan Ts pada pemasok. Hasil ini memperlihatkan bahwa penggunaan *common component* yang dipadukan dengan nilai TBO yang tepat akan dapat mereduksi *instability* secara efektif. Sedangkan interaksi lainnya yang mampu mempengaruhi *instability* mayoritas melibatkan faktor CV yang menunjukkan pengaruh kuat dari variabilitas permintaan bila disandingkan dengan faktor-faktor yang lain.

Nilai *service level* dan *total cost* pada kedua entitas mengalami perbaikan ketika *common components* dimasukkan ke dalam struktur produk pamanufaktur. Khusus untuk *total cost*, pamanufaktur mencatat penurunan biaya masing-masing sebesar 8% dan 39% untuk TCCI = 0.3 dan TCCI = 0.6, sedangkan pemasok mengalami penghematan sebesar 46% dan 69% pada dua indeks *commonality* yang disebutkan sebelumnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menganalisis dampak penggunaan *common components* pada sebuah sistem rantai pasok sederhana yang terdiri dari satu pamanufaktur dan satu pemasok. Beragam kondisi operasional seperti variabilitas dan ketidakpastian permintaan, struktur biaya dan indeks *commonality* yang berbeda disimulasikan untuk mengetahui efeknya terhadap *schedule instability*. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa adanya *common components* pada struktur produk pamanufaktur berdampak positif bagi pamanufaktur dan pemasok sekaligus. Tercatat penurunan *instability* yang cukup berarti pada kedua entitas tersebut. Adanya pengaruh *time between order* pamanufaktur terhadap *instability* pemasok mengisyaratkan perlunya komunikasi dan kolaborasi yang efektif antara kedua belah pihak untuk mencapai stabilitas yang lebih baik dalam konteks rantai pasok. Selain itu juga didapatkan peningkatan *service level* dan penurunan *total cost* akibat adanya *common components* tersebut.



Penelitian selanjutnya diperlukan untuk menginvestigasi lebih jauh hubungan antar entitas dalam rantai pasok dengan skala yang lebih besar, misalkan terdapat lebih dari satu pemasok. Selain itu juga dapat dipertimbangkan faktor-faktor operasional lainnya seperti batasan kapasitas produksi, penggunaan *lot sizing* tertentu dan penggunaan indeks *commonality* yang lebih beragam

DAFTAR PUSTAKA

- Baker, K. (1985). Safety stocks and component commonality. *Journal of Operations Management*, 6, 13-22.
- Blackburn, J.D., Kropp, D.H., dan Millen, R.A. (1985). MRP system nervousness: causes and cures. *Engineering Costs and Production Economics*, 9, 141-146.
- Carlson, R.C., Jucker J.V., Kropp, D.H. (1979). Less nervous MRP systems: A dynamic economic lot-sizing approach, *Management Science*, 25:8 754-761.
- De Kok, Ton., Inderfurth, Karl. (1997). Nervousness in inventory management: Comparison of basic control rules. *European Journal of Operational Research*, 103, 55-82.
- Etienne, E.C. (1987). Choosing optimal buffering strategies for dealing with uncertainty in MRP. *Journal of Operations Management*, 7, 107-120.
- Grubbstrom, Robert W., Tang, Ou. (2000). Modelling rescheduling activities in a multi period production-inventory system. *International Journal of Production Economics*, 68, 123-135.
- Kadipasaouglu, S.N., dan Sridharan, V. (1995). Alternative approaches for reducing schedule instability in multistage manufacturing under demand uncertainty. *Journal of Operations Management*, 13, 193-211.
- Pujawan, I Nyoman. (2008). Schedule instability in a supply chain: an experimental study. *International Journal of Inventory Research*, vol 1, 1, 53-66.
- Pujawan, I Nyoman., Smart, Alison U. (2012). Factors affecting schedule instability in manufacturing companies. *International Journal of Production Research*, 50:8, 2252-2266.
- Wacker, J.G., dan Treleven, M. (1986). Component part standardization: an analysis of commonality sources and indices. *Journal of Operations Management*, 6, 219-244.