

ANALISIS PENGARUH COMPONENT COMMONALITY TERHADAP SCHEDULE INSTABILITY, SERVICE LEVEL, DAN TOTAL BIAYA PADA SISTEM MAKE-TO-ORDER RANTAI PASOK TWO-STAGE MELALUI ADANYA MEKANISME KORDINASI

Moch. Aldy Anwar, I Nyoman Pujawan, Imam Baihaqi
Jurusan Manajemen Logistik & Rantai Pasok, Fakultas Teknologi Industri,
Institut Teknologi Sepuluh Noverber
Email: aldyanwar11@yahoo.co.id

ABSTRAK

Ketidakstabilan dalam perencanaan produksi (atau yang lebih dikenal dengan nama *schedule instability*) seringkali terjadi. Hal ini membuat perusahaan melakukan berbagai upaya untuk meminimalkan tingkat ketidakstabilan tersebut. Dalam penelitian ini, akan mencoba menganalisis pengaruh *component commonality* (penggunaan komponen yang sama dalam struktur produk yang berbeda) tertentu terhadap tingkat *schedule instability*, *service level* dan *total cost* pada sistem rantai pasok *two-stage* yang terdiri dari satu pamanufaktur dan satu pemasok yang saling terintegrasi melalui mekanisme kordinasi (berbagi informasi berkaitan dengan order pesanan). Beragam kondisi operasional yang berbeda juga dipertimbangkan seperti: variabilitas dan ketidakpastian permintaan, *cost structure*, struktur dan level produk, serta kebijakan persediaan yang diterapkan oleh perusahaan menjadi bagian yang diamati dalam studi ini. Penelitian ini akan dilakukan melalui studi eksperimen faktorial penuh (*full factorial experiment*).

Hasil dari penelitian ini didapat bahwa melalui adanya mekanisme kordinasi yang mampu mereduksi tingkat *schedule instability* pada masing-masing entitas baik manufaktur dan pemasok. Selain itu, melalui kordinasi juga mampu menghilangkan transfer resiko yang kerap kali dilakukan manufaktur terhadap pemasok dalam bagian perencanaan produksi. Kebijakan *component commonality* yang diterapkan mampu mereduksi *schedule instability* dan total biaya serta mampu meningkatkan *service level* baik pada entitas manufaktur ataupun pemasok. Kondisi operasional seperti *cost structure* manufaktur ternyata juga memiliki pengaruh positif pada ketiga kinerja dalam penelitian ini.

Kata Kunci: *Component commonality*, *schedule instability*, rantai pasok *two-stage*, *service level*, *total cost*.

Pendahuluan

Ketidakstabilan pada aktivitas penjadwalan produksi (biasa dikenal dengan *schedule instability* atau *schedule nervousness*) telah menjadi topik diskusi yang menarik bagi para peneliti ataupun praktisi dalam kurun waktu tiga dekade terakhir (Pujawan, 2008). Hal tersebut dikarenakan *schedule instability* dianggap sebagai indikator pemicu dalam dimensi pengukuran kinerja rantai pasok khususnya pada perusahaan manufaktur yang memiliki lantai produksi di dalamnya. Dimensi yang umum digunakan dalam pengukuran kinerja rantai pasok pada perusahaan meliputi *reliability*, *responsiveness*, *cost*, dan *asset management efficiency* (Supply Chain Council, 2003, yang dikutip dalam Meixell ,

2005). Ketika terjadi *schedule instability* maka dapat mempengaruhi dimensi pengukuran kinerja *supply chain* tersebut. Oleh karena itu, sampai saat ini *schedule instability* menjadi topik yang menarik untuk didiskusikan.

Grubbstrom dan Tang (2000) menilai kondisi *nervousness* terjadi karena adanya penjadwalan ulang yang dilakukan pada *top-level items* sehingga terjadi perubahan pada *level items* di bawahnya atau *level items* yang lebih rendah. Selain itu, *schedule instability* sering dikaitkan dengan perubahan yang terjadi pada *Master Production Scheduling* (MPS) yang berakibat adanya perubahan pada *Material Requirement Planning* (MRP) (Xie *et al.* 2003). Di samping itu juga, Sridharan dan La Forge

(1989) mengartikan *instability* merupakan fenomena yang sering terjadi pada penjadwalan produksi, yang lebih dikhususkan pada level *Master Requirement Planning* (MRP), sehingga terjadi kegugupan (*nervousness*) pada level produksi. Hal tersebut mengakibatkan adanya peningkatan biaya produksi dan persediaan serta mampu menurunkan produktivitas, serta mengganggu aktivitas produksi perusahaan.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan fenomena *schedule instability* terjadi khususnya pada perusahaan manufaktur diantaranya adanya ketidakpastian permintaan, keterlambatan pengiriman bahan baku, atau faktor internal perusahaan seperti mesin tidak bekerja atau dalam perbaikan. Di sisi lain, Pujawan dan Smart (2012) mencoba mengidentifikasi penyebab terjadinya *schedule instability* berdasarkan peneliti sebelumnya dengan faktor yang lebih spesifik yakni struktur biaya, metode ukuran pemesanan (*lot sizing*), mekanisme pelepasan pesanan, panjang periode perencanaan, frekuensi perencanaan ulang, adanya *error* dari peramalan, dan terakhir kompleksitas struktur produk. Dan ternyata faktor-faktor tersebut dapat mempengaruhi tingkat *schedule instability* baik berdiri sendiri ataupun berinteraksi dengan faktor yang lain.

Dampak negatif yang ditimbulkan akibat terjadinya *schedule instability* yakni dapat menimbulkan kegugupan (*nervousness*) pada lantai produksi dan juga dapat mengurangi produktivitas. Ketika terjadi *schedule instability*, dari sisi perusahaan, akan terjadi keterlambatan dalam proses produksi karena proses produksi tidak berjalan sesuai dengan yang telah dijadwalkan. Selain itu juga, dimungkinkan perusahaan akan dapat mengeluarkan biaya pemesanan kembali (*shortage cost*) bahan baku kepada pemasok. *Schedule instability* juga membawa dampak dari sisi pemasok yakni pemasok akan terlambat dalam merespon keinginan manufaktur dalam melakukan pemenuhan kebutuhan bahan baku yang dibutuhkan. Dari penelitian sebelumnya dapat diidentifikasi dampak negatif yang timbul akibat *schedule instability* yakni terjadi penurunan kepercayaan diri manajemen terhadap sistem, timbul gangguan pada perencanaan model, dan juga timbul permasalahan pembebanan kerja mesin (Pujawan, 2008). Oleh karena itu, *schedule instability*

perlu dikelola ataupun diminimalisasi sehingga dampak negatifnya bisa dikurangi, terlebih lagi *schedule instability* pada sistem rantai pasok.

Begitu besar dampak yang ditimbulkan oleh *schedule instability* terhadap rantai pasok, namun tidak banyak penelitian yang membahas *schedule instability* dalam lingkup rantai pasok. Pujawan (2008) mencoba membahas *schedule instability* dalam lingkup *supply chain*, dalam sudut pandang hubungan *buyer-supplier* dengan memperhatikan tingkat *schedule instability* melalui strategi *safety stock*. Ruang lingkup *schedule instability* dalam rantai pasok mulai berkembang dengan melihat hubungan dari masing-masing perusahaan yang berada dalam rantai pasok. *Schedule instability* timbul karena adanya pengaruh hubungan pembeli, pemasok, dan juga faktor internal operasi perusahaan (Pujawan dan Smart, 2012).

Kasus yang sering terjadi adalah ketika terjadi *schedule instability* dari sisi manufaktur, manufaktur akan melakukan upaya untuk meminimalkan biaya yang terjadi pada proses bisnis manufaktur. Sayangnya, ketika manufaktur memutuskan untuk meminimalisasi biaya Seringkali tidak memperhatikan dampak yang terjadi pada pemasok. Sehingga proses bisnis supplier tidak berjalan efisien begitu pula kinerja dari sistem rantai pasok. Padahal seharusnya dalam sudut pandang *supply chain* tiap-tiap perusahaan harus senantiasa berkordinasi agar masing-masing perusahaan yang ada pada sistem rantai pasok berjalan dengan efektif. Oleh karena itu, dalam penelitian ini mencoba untuk melihat hubungan yang mengintegrasikan antara manufaktur dan pemasok (umumnya disebut *two-stage*) pada sistem rantai pasok. Diharapkan dengan adanya hubungan terintegrasi antara manufaktur dan pemasok akan mampu meminimalkan *schedule instability*, biaya, serta mampu meningkatkan *service level* dari sisi manufaktur, pemasok, ataupun sistem rantai pasok.

Dalam proses pengintegrasian antara manufaktur dan pemasok harus ada kordinasi yang baik dengan jalan berbagi informasi. Konsep kordinasi dalam rantai pasok dikembangkan untuk merespon dan meminimalisasi segala resiko yang dapat timbul pada perusahaan yang berada pada rantai pasok (Xu dan Baemon, 2006). Konsep kordinasi memiliki beberapa perspektif

diantaranya koordinasi dalam hal Salah satu metode yang cukup dikenal dalam melakukan koordinasi dalam sistem rantai pasok adalah *Advanced Order Commitments* (AOCs) (Sahin *et al.*, 2008). Metode ini pada intinya, manufaktur akan melakukan pemesanan pada posisi minimal *lead time* pemasok dan pemasok mengetahui berapa pesanan yang dilakukan oleh manufaktur dengan adanya sistem yang terintegrasi. Dengan adanya kebijakan ini maka pemasok tidak perlu melakukan suatu peramalan kembali terhadap pesanan yang dilakukan manufaktur. Salah satu kunci keberhasilan dari kebijakan ini adalah bagaimana kebijakan AOC mampu menjaga kestabilan pada perencanaan jadwal produksi.

Ada beberapa jalan atau strategi yang dapat dilakukan untuk meminimalkan *schedule instability* salah satunya dengan melakukan *information sharing*, kolaborasi, dan koordinasi pada sistem *supply chain*. Sahin dan Robinson [2008] memperlihatkan pentingnya *information sharing*, kolaborasi, dan koordinasi untuk memperbaiki efisiensi dari perusahaan dalam *supply chain* pada lingkungan *make-to-order*. Terdapat beberapa metode yang diusulkan dari para peneliti untuk meminimalkan *schedule instability* atau *nervousness* pada rantai produksi yakni, penggunaan strategi *safety stock/buffering* (Sridharan dan Laforge (1989), Metters (1993), Zhao *et al.* (1995), Pujawan (2008)), strategi *frozen schedule* (Sridharan *et al.* (1987), Zhao dan Lee (2003), Xie *et al.* (2004), Sahin *et al.* 2008 (2008) , dan strategi penggunaan komponen yang sama dalam beberapa produk akhir (umumnya dikenal dengan nama strategi *component commonality*) (Su *et al.* (2004), Zhou dan Grubbstrom (2004), Song dan Zhao (2009)). Pada penelitian ini akan berfokus pada strategi *component commonality* untuk mengurangi dampak dari *schedule instability*.

Component commonality merupakan strategi dimana perusahaan menggunakan komponen yang sama dalam produk akhir yang diproduksi perusahaan. Strategi ini biasa digunakan oleh perusahaan yang memiliki variasi permintaan yang tinggi. Karena hal itulah perusahaan biasanya strategi *component commonality* untuk mencapai variasi yang tinggi dengan biaya yang masih rasional (Meixell, 2005). Variasi pada produk dapat membawa dampak negatif pada proses produksi yakni dapat meningkatkan kompleksitas dari produk dan juga

biaya produksi. Selain itu juga, adanya keberagaman komponen pada suatu produk juga mampu mempengaruhi fluktuasi permintaan dibandingkan dengan terdapat beberapa jenis komponen yang sama dalam suatu produk. Adanya fluktuasi permintaan, pada akhirnya akan dapat mempengaruhi juga *schedule instability* dari sisi ketersediaan komponen penyusun dari suatu produk yang lebih baik.

Penelitian ini melihat permasalahan *schedule instability* dalam konteks sistem *supply chain* yakni adanya hubungan integrasi antara manufaktur-pemasok (*two-stage*) pada lingkungan *make-to-order*. Dengan melihat permasalahan *schedule instability* pada lingkungan *make-to-order* maka dapat menimbulkan fluktuasi permintaan yang beragam sehingga mampu melihat *schedule instability* yang tepat pada sistem *supply chain*. Dalam proses integrasi digunakan suatu metode yang *Advanced Order Commitments* (AOCs) yang telah dibahas sebelumnya. Untuk mengurangi dampak *schedule instability* dicoba digunakan strategi *component commonality* yang belum banyak dibahas dalam konteks *supply chain*.

Sesuai dengan apa yang telah dipaparkan pada bagian latar belakang bahwa pembahasan berkaitan dengan *schedule instability* dalam konteks *supply chain* dengan melihat integrasi antara manufaktur-pemasok dan juga penggunaan strategi *component commonality* dalam kerangka *supply chain* masih belum banyak dibahas. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus bagaimana pengaruh tingkat *component commonality* yang berbeda terhadap tingkat *schedule instability*, *service level*, dan *total cost* pada sistem *two-stage* rantai pasok melalui mekanisme koordinasi (berbagi informasi) antara manufaktur-pemasok pada lingkungan *make-to-order*. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh dari tingkat *component commonality* yang berbeda terhadap *schedule instability*, *service level*, dan *total cost* pada sistem *two-stage* rantai pasok antara manufaktur dan pemasok melalui mekanisme koordinasi pada sistem *supply chain* serta mengetahui pengaruh dari kondisi operasional yang berbeda yang terjadi pada *two-stage* rantai pasok terhadap *schedule instability*, *service level*, dan *total cost* yang dialami dalam sistem *two-stage* rantai pasok manufaktur dan pemasok pada sistem rantai pasok.

Batasan yang digunakan dalam penelitian ini pada integrasi antara manufaktur dan pemasok, serta sistem *supply chain* dari integrasi kedua entitas tersebut. Sedangkan asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah permintaan pada siklus perencanaan bersifat tidak pasti (*uncertain*) dan mengikuti distribusi normal.

Pemasok dalam melakukan pemenuhan permintaan dari manufaktur tidak pernah mengalami keterlambatan dengan adanya mekanisme koordinasi dengan berbagi informasi berkaitan dengan jumlah pesanan dan *lead time*. Pemasok mampu memenuhi seluruh jenis komponen yang diperlukan oleh manufaktur.

Metode Penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan studi eksperimen faktorial penuh (*full factorial experiment*) untuk mengamati pengaruh tingkat *component commonality* yang berbeda terhadap tingkat *schedule instability*, *service level*, dan *total cost* pada sistem integrasi *supply chain*, yakni integrasi hubungan antara manufaktur-pemasok (*two-stage*).

Pemanufaktur melakukan peramalan permintaan pelanggan untuk periode-periode setelah periode awal dari siklus perencanaan. Kemudian dilakukan perhitungan persediaan dan *net requirement* masing-masing komponen untuk ditentukan kuantitas dan periode pemesanan dengan menggunakan kebijakan persediaan tertentu. Hasil dari perhitungan ini adalah *planned order release* kepada pemasok.

Setelah pemasok menerima *planned order release* dari pemanufaktur, pemasok melakukan perhitungan persediaan dan *net requirement* masing-masing komponen. Kemudian ditentukan kuantitas dan periode pemesanan dengan menggunakan kebijakan persediaan yang sama dengan pemanufaktur.

Tingkat Component Commonality

Faktor eksperimen yang menjadi perhatian utama dalam penelitian ini adalah tingkat *component commonality*. Terdapat tiga

tingkat *component commonality* yang dipertimbangkan dalam penelitian ini, dimana perhitungannya mengikuti model TCCI yang dibangun oleh Wacker dan Treleven (1986). Model TCCI dipilih sebagai dasar perhitungan indeks *commonality* karena perhitungannya yang relatif mudah dan memiliki nilai batasan antara 0, yang mewakili kondisi seluruh komponen adalah unik, dan 1 yang menggambarkan penggunaan *commonality* secara sempurna.

Dua buah produk akhir, yakni A dan O, beserta struktur produk masing-masing dirancang sedemikian rupa sehingga menghasilkan *index commonality* 0, 0.3, dan 0.7. Pada level tidak ada komponen yang sama, produk A dan O disusun dari komponen-komponen B, C, D, E, F, P, Q dan R. Sementara *common component* X dan Y dapat digunakan untuk mengganti komponen D, F, Q, dan E, P, R, secara berturut-turut. Diasumsikan rasio penggunaan komponen terhadap *parent item* adalah 1:1 serta tidak terdapat kendala teknologi dalam hal substitusi komponen yang unik dengan *common component*. *Lead time* diasumsikan untuk produk akhir adalah 2 periode, sedangkan untuk seluruh komponen, *lead time* bernilai sama yakni 1 periode.

Kebijakan Pemesanan

Penelitian ini menggunakan kebijakan pemesanan menggunakan metode *Lot-sizing* lot-for-lot yaitu sebuah kebijakan persediaan yang apabila jumlah persediaan tidak memenuhi kebutuhan berikutnya maka persediaan dipesan sama dengan jumlah yang ada pada *Net Requirement* untuk menaikkan tingkat persediaan pada periode tersebut. Metode ini juga telah digunakan oleh beberapa peneliti dalam studi mereka (Sahin et al. (2008).

Ukuran-ukuran Kinerja

Untuk mengevaluasi pengaruh tingkat *component commonality* terhadap tingkat *schedule instability*, *total cost* dan *service level* pada berbagai macam kondisi operasi yang berbeda akan dijelaskan sebagai berikut,

Schedule Instability

Penelitian ini memodifikasi pengukuran *schedule instability* untuk *multi level* MRP yang dirumuskan oleh Sridharan dan Kadipasaoglu (1995) dimana *instability* (I) mereka definisikan sebagai rata-rata perubahan kuantitas pesanan pada multi siklus perencanaan untuk semua item pada semua level terhadap jumlah komponen dalam struktur produk

$$I = \frac{\sum_{\forall k>1} \sum_{j=0}^m [\sum_{i=1}^{n_j} \sum_{t=M_k}^{M_{k-1}+N-1} |q_{ijt}^k - q_{ijt}^{k-1}|]}{S}$$

(4)

- 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
- Q_{ijt}^k : kuantitas pemesanan untuk *item* *i* pada level *j* ketika periode *t* dan siklus perencanaan *k*
- S : jumlah *item* dalam struktur produk

Jika menggunakan model pengukuran di atas, hasilnya menjadi cukup sulit untuk dibandingkan dengan eksperimen-eksperimen lain yang menggunakan struktur produk yang berbeda. Untuk menghindari terjadinya hal tersebut, model di atas dimodifikasi sebagai berikut:

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

(5)

dimana faktor pembaginya bukan lagi jumlah item dalam struktur produk melainkan jumlah kuantitas pemesanan pada siklus perencanaan sebelumnya. Nilai ini akan memperlihatkan sebesar apa perubahan yang terjadi pada jadwal produksi maupun pemesanan pada suatu siklus

perencanaan dengan struktur produk yang berbeda-beda.

Service Level

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).

Total Cost

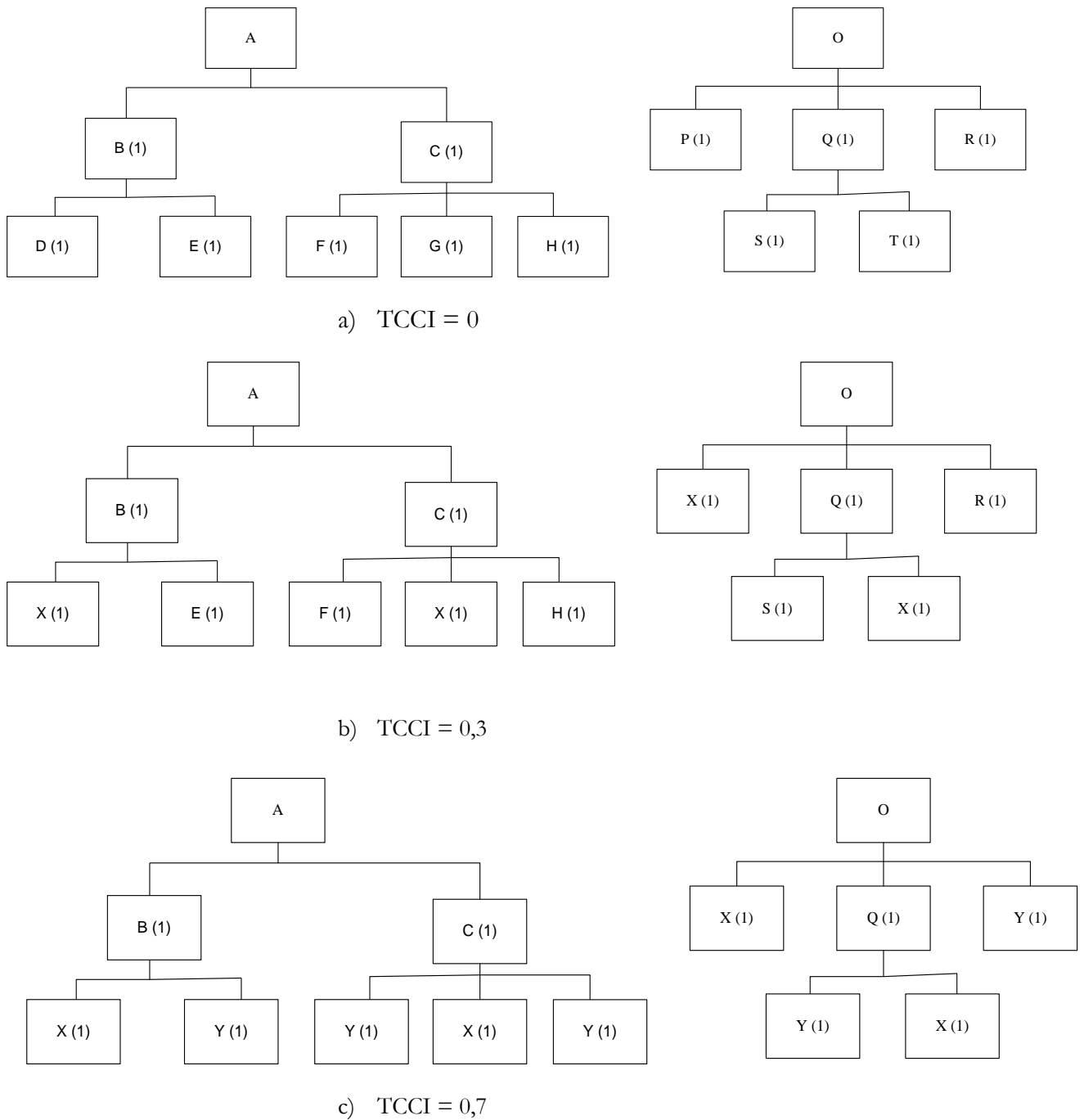
Elemen biaya yang diperhitungkan dalam studi ini terdiri dari *holding cost*, dan *setup/order cost*. Dua elemen biaya pertama merupakan elemen biaya umum dan telah dijadikan pertimbangan dalam studi-studi sebelumnya (Zhao dan Lee (1993), Sridharan dan Kadipasaoglu, 1995).

Keseluruhan faktor eksperimental di atas menghasilkan *experimental cell* sebanyak 36 buah, kemudian dilakukan sebanyak lima belas replikasi sehingga menghasilkan jumlah percobaan sebanyak 540 *cell*.

DESAIN EKSPERIMEN

Fokus yang dilakukan pertama adalah penentuan produk yang dijadikan obyek dalam melakukan percobaan dalam penelitian. Dalam penelitian ini, terdapat dua produk akhir, yakni A dan O, beserta struktur produk masing-masing yang dirancang untuk menghasilkan nilai *index commonality* yang sesuai faktor eksperimental, yaitu 0, 0.3, 0.7. Produk A dan O disusun dari komponen-komponen B, C, D, E, F, G, H, P, Q, R, S, dan T, pada kondisi level yang tidak ada komponen yang sama. Sementara itu, komponen X dan Y mewakili sebagai *common component* yang dapat digunakan untuk mengganti komponen D, E, F, G, H, P, R, S, dan T secara berturut-turut. Terdapat asumsi dalam penelitian ini yakni rasio penggunaan komponen terhadap *parent item* adalah 1:1 dan tidak terdapat kendala teknologi dalam hal substitusi komponen yang unik

dengan *common component*. Dalam penelitian ini tidak memasukkan unsur *lead time*, sehingga produk langsung bisa diterima baik produk akhir, seluruh komponen, ataupun produk yang dikirim dari manufaktur ke pemasok. Sebagai gambaran struktur produk akhir A dan O dalam tingkat *commonality* yang berbeda tersaji pada Gambar 1



Gambar 1 Struktur produk akhir A dan O pada tingkat *component commonality* yang berbeda, dimana a), b), dan c) memiliki nilai TCCI 0, 0.1, dan 0.7 secara berturut-turut

Setelah mengetahui struktur produk yang dijadikan sebagai objek penelitian, maka bisa dilakukan percobaan simulasi yang dimulai dari entitas manufaktur. Dimulai dari periode T, manufaktur diasumsikan menerima permintaan aktual yang dibangkitkan dari faktor eksperimental terhadap produk akhir A dan O. Sedangkan untuk periode T+1 hingga akhir horison perencanaan dilakukan peramalan permintaan yang memiliki tingkat kesalahan terhadap permintaan aktual dengan rata-rata dan standar deviasi tertentu sesuai dengan faktor eksperimental yang telah dijelaskan sebelumnya. Sebagai contoh hasil pembangkitan secara acak dari ramalan permintaan yang berdistribusi normal untuk produk A (pada struktur produk dengan nilai TCCI = 0) digambarkan pada tabel berikut ini:

Tabel 1. Permintaan aktual dan ramalan permintaan untuk produk A pada T = 1

Produk A	Periode (T)					
	1	2	3	4	5	6
Actual Demand	95					
Forecast Manufacturer		105	102	101	108	105
Inventory On Hand						
Nett Requirement						
Planned Order Receipt						
Planned Order Release						

Setelah mengetahui permintaan aktual dan ramalan permintaan dari produk akhir A, kemudian akan dihitung nilai proyeksi persediaan terhadap ramalan permintaan yang telah dibangkitkan. Penelitian ini menggunakan metode *lot for lot* (LFL) untuk menentukan periode dan besaran pemesanan. Selain itu, dalam penelitian ini tidak mempertimbangkan *lead time* dan juga tidak adanya persediaan awal dalam periode awal (T=0). Ringkasan dari perhitungan proyeksi persediaan dari produk akhir A dapat terlihat dari tabel berikut ini:

Tabel 2. Perhitungan proyeksi persediaan serta rencana pemesanan produk A

Produk A	Periode (T)					
	1	2	3	4	5	6
Actual Demand	95					
Forecast Manufacturer		105	102	101	108	105
Inventory On Hand	0	0	0	0	0	0
Nett Requirement	95	105	102	101	108	105
Planned Order Receipt	95	105	102	101	108	105
Planned Order Release	95	105	102	101	108	105

Tabel 3. Mekanisme perhitungan dan pemesanan untuk komponen D

Komponen B	Periode (T)					
	1	2	3	4	5	6
Gross Requirement	95	105	102	101	108	105
Inventory On Hand	0	0	0	0	0	0
Nett Requirement	95	105	102	101	108	105
Planned Order Receipt	95	105	102	101	108	105
Planned Order Release	95	105	102	101	108	105
Komponen D	Periode (T)					
	1	2	3	4	5	6
Gross Requirement	95	105	102	101	108	105
Inventory On Hand	0	0	0	0	0	0
Nett Requirement	95	105	102	101	108	105
Planned Order Receipt	95	105	102	101	108	105
Planned Order Release	95	105	102	101	108	105
PEMASOK						
Komponen D	Periode (T)					
	1	2	3	4	5	6
Gross Requirement	95	105	102	101	108	105
Inventory On Hand	0	0	0	0	0	0
Nett Requirement	95	105	102	101	108	105

Selanjutnya dilakukan mekanisme yang sama hingga didapatkan rencana kebutuhan dari komponen terbawah dari struktur produk. Rencana kebutuhan inilah yang kemudian akan menjadi rencana pemesanan dan input bagi pemasok. Sebagai pertimbangan sebagai inputan yang sama yakni perhitungan proyeksi nilai sesuai dengan Tabel 4. Berikut ini ringkasan dari mekanisme komponen D dan E.

Tabel 4 Mekanisme perhitungan pemesanan untuk komponen E

Komponen E	Periode (T)					
	1	2	3	4	5	6
Gross Requirement	95	105	102	101	108	105
Inventory On Hand	0	0	0	0	0	0
Nett Requirement	95	105	102	101	108	105
Planned Order Receipt	95	105	102	101	108	105
Planned Order Release	95	105	102	101	108	105
PEMASOK						
Komponen E	Periode (T)					
	1	2	3	4	5	6
Gross Requirement	95	105	102	101	108	105
Inventory On Hand	0	0	0	0	0	0
Nett Requirement	95	105	102	101	108	105

Gross Requirement	95	105	102	101	108	105
Inventory On Hand	0	0	0	0	0	0
Nett Requirement	95	105	102	101	108	105

Tabel 5 Ringkasan pemesanan komponen D, dan E pada periode T = 1

Rencana Pemesanan	Periode (T)					
	1	2	3	4	5	6
Komponen D	9 5	105	102	101	108	105
Komponen E	9 5	105	102	101	108	105

Kondisi pemesanan komponen D dan E ketika periode berganti menjadi T+1 (dalam hal ini T=2) dapat terjadi perubahan rencana pemesanan yang telah dilakukan pada periode sebelumnya. Hal itu terjadi karena permintaan produk akhir pada periode T hanya bersifat peramalan semata. Sehingga pada periode T+1 perlu dilakukan perhitungan ulang terhadap kebutuhan tiap-tiap produk dan komponen. Jika coba dikondisikan posisi proyeksi pemesanan dengan mempertimbangkan permintaan aktual (dalam parameter faktor eksperimental) yang terjadi pada periode T+1, dapat diperoleh rencana kebutuhan dan pemesanan dari komponen D dan E seperti yang tersaji pada tabel berikut ini:

Tabel 6. Perhitungan rencana kebutuhan dan pemesanan komponen D dan E pada periode T = 2

Komponen D	Periode (T)					
	1	2	3	4	5	6
Gross Requirement	121	102	95	108	100	94
Inventory On Hand	0	0	0	0	0	0
Nett Requirement	121	102	95	108	100	94
Planned Order Receipt	121	102	95	108	100	94
Planned Order Release	121	102	95	108	100	94

Komponen E	Periode (T)					
	1	2	3	4	5	6
Gross Requirement	121	102	95	108	100	94
Inventory On Hand	0	0	0	0	0	0
Nett Requirement	121	102	95	108	100	94
Planned Order Receipt	121	102	95	108	100	94

Planned Order Release	121	102	95	108	100	94
-----------------------	-----	-----	----	-----	-----	----

Tabel 7 Ringkasan pemesanan komponen D dan E pada periode T = 2

Rencana Pemesanan	Periode (T)					
	1	2	3	4	5	6
Komponen D	121	102	95	108	100	94
Komponen E	121	102	95	108	100	94

Dari ringkasan pemesanan komponen D dan E pada periode T=2, terlihat jelas terdapat perbedaan pada jumlah kuantitas pemesanan jika dibandingkan dengan rencana pemesanan komponen D dan E pada periode T=1. Hal inilah yang dapat menimbulkan ketidakstabilan pada aktivitas penjadwalan produksi, baik pada manufaktur ataupun pemasok. Seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya *schedule instability* tidak hanya berkaitan dengan perubahan kuantitas pemesanan, pergeseran periode pemesanan juga bisa terjadi setelah dilakukan perhitungan ulang terhadap rencana kebutuhan komponen pada periode baru. Namun, pada penelitian ini berfokus pada *schedule instability* yang berkaitan dengan perubahan kuantitas pemesanan.

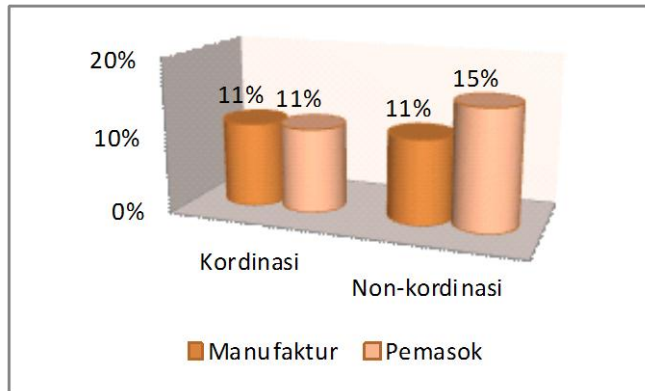
Pada simulasi lain, dengan menggunakan tingkat *component commonality* yang berbeda (TCCI=0.3 dan TCCI=0,7) tahapan yang dilakukan tidak berbeda. Hanya adanya perampingan komponen sehingga pemesanan yang dilakukan lebih banyak secara kuantitas. Dalam penelitian ini, seperti yang ada pada Gambar 1 terlihat bahwa untuk struktur produk A dalam hal ini komponen D dan komponen G akan digantikan oleh komponen X. Sehingga input dari komponen X, adalah akumulasi *planned order release* dari komponen B dan komponen C.

ANALISIS DAN INTERPRETASI HASIL

Schedule Instability

Berdasarkan hasil eksperimen yang telah ditampilkan pada bagian sebelumnya ada beberapa hal menarik berkaitan dengan *schedule instability* yang dapat dianalisis dari hasil eksperimen tersebut. Jika dilihat berdasarkan sudut pandang sistem integrasi yang dilakukan dalam penelitian ini, ternyata sistem integrasi memiliki dampak positif terhadap persentase

penurunan besaran *schedule instability* antara manufaktur dan pemasok sebagai bagian dari sistem *supply chain*. Berikut ini pada gambar 8 dapat terlihat bagaimana kondisi *schedule instability* baik pada entitas manufaktur ataupun pemasok pada kondisi sistem *supply chain* yang kordinasi dan tidak ada kordinasi.



Gambar 2. Persentase besaran *schedule instability* bagi manufaktur dan pemasok pada mekanisme sistem *supply chain* yang berbeda

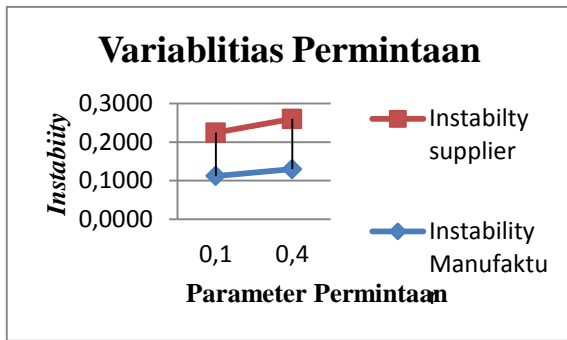
Pada kondisi sistem *supply chain* dengan adanya kordinasi mampu membuat besaran *schedule instability* antara manufaktur dan pemasok turun atau sama. Dalam gambar tersebut terlihat antara manufaktur dan pemasok besaran *schedule instability* adalah sama yakni 11%. Sedangkan pada kondisi sistem *supply chain* tanpa adanya kordinasi terdapat peningkatan besaran *schedule instability* pada entitas pemasok sebesar 4%, dalam simulasi *schedule instability* manufaktur sebesar 11% dan untuk pemasok 15%. Hal ini mengindikasikan bahwa dengan adanya kordinasi dalam sistem *supply chain* antara manufaktur berdampak positif melalui *sharing risk* besaran *schedule instability*. Sedangkan pada posisi sistem *supply chain* tanpa kordinasi terjadi pelimpahan resiko besaran *schedule instability* pada sisi pemasok, sehingga besaran *schedule instability* pada sisi pemasok lebih besar. Pelimpahan resiko yang terjadi pada sisi pemasok pada sistem *supply chain* yang tidak ada kordinasi tentu diakibatkan karena perencanaan produksi yang masih berbasis peramalan semata sehingga pada sisi pemasok terjadi ketidakefisiensi yang berakibat pada besarnya tingkat *schedule instability*.

Untuk faktor eksperimental yang digunakan dalam penelitian ini, berdasarkan hasil analisis korelasi (dimana nilai korelasi dengan range -1 hingga 1), dimana semakin positif nilai dari eksperimental maka dikatakan berdampak positif dengan berbanding lurus.

Tabel 8 Output hasil korelasi kinerja *schedule instability*

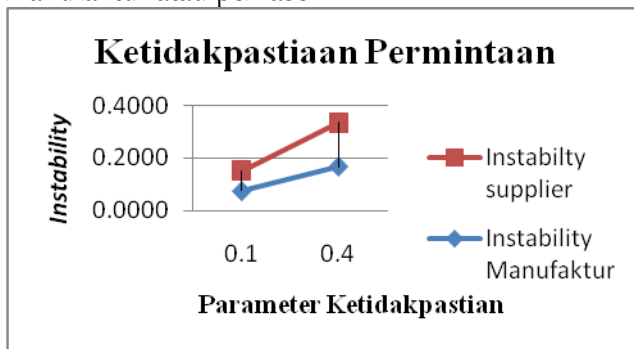
Hasil Output	Ukuran Kinerja	
	<i>Schedule Instability</i> manufaktur	<i>Schedule instability</i> pemasok
Faktor Eksperimental		
Variabilitas permintaan konsumen	0.15678	0.15678
Ketidakpastian permintaan manufaktur	0.81159	0.81159
<i>Component commonality</i>	-0.22818	-0.22818
TBO (<i>Time between order</i>)	-0.40470	-0.40670

Sedangkan untuk nilai yang semakin negatif, hal ini mengindikasikan bahwa faktor eksperimental berdampak positif namun berbanding terbalik dari kinerja yakni dalam hal ini kinerja *schedule instability*. Pada Tabel 8 terlihat bahwa faktor eksperimental variabilitas permintaan konsumen tidak cukup signifikan (lemah) pengaruhnya pada *schedule instability*. Itu juga terlihat dari tren yang ada pada Gambar 2 yang terlihat bagaimana kenaikan *instability* akibat adanya variabilitas permintaan konsumen. Hal ini wajar, karena memang posisi dalam penelitian ini permintaan konsumen hanya diketahui pada periode awal saja. Sedangkan, prioritas input yang menjadi masalah dalam penelitian ini adalah berkaitan dengan peramalan ketidakpastian permintaan yang dilakukan manufaktur.



Gambar 3 Tren pengaruh variabilitas permintaan konsumen terhadap *schedule instability*

Pada Gambar 4 juga terlihat perubahan yang signifikan terjadi pada *schedule instability* akibat adanya perubahan ketidakpastian permintaan. Pada sisi analisis korelasi juga terlihat bahwa faktor eksperimental ketidakpastian permintaan cukup signifikan terhadap perubahan *instability* baik entitas manufaktur atau pemasok.

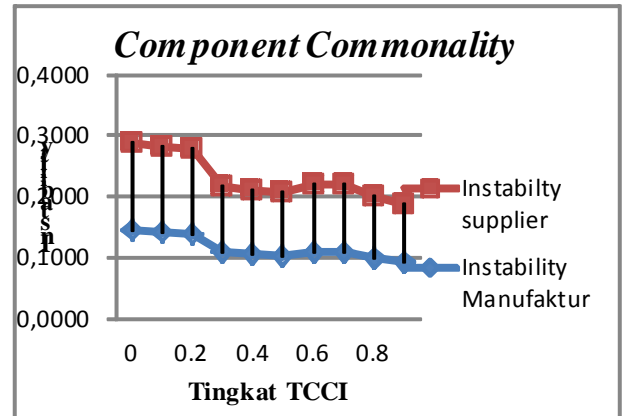


Gambar 4 Tren pengaruh ketidakpastiaan permintaan manufaktur terhadap *schedule instability*

Dari sisi kebijakan penggunaan *component commonality* pada tingkat TCCI yang berbeda pada sistem *supply chain* dengan adanya kordinasi berdampak positif pada penurunan ataupun peningkatan besaran *schedule instability*.

Secara tren juga terlihat pada Gambar 4 bagaimana penurunan *instability* akibat adanya penggunaan *common component* pada perencanaan produksi. Namun, jika dilihat tren dari *instability*, pada satu titik yakni pada tingkat TCCI = 0.7 ke atas trennya relatif sudah stabil dalam angka yang sama. Penggunaan *common component* yang sama tentunya tidak dapat

diberlakukan hingga semua komponen sama. Adanya *common component* juga tidak membuat sepenuhnya perencanaan produksi tidak akan ada *instability* karena memang kondisi dalam perencanaan produksi juga dipengaruhi adanya variabilitas permintaan dan juga ketidakpastiaan permintaan yang telah dijelaskan sebelumnya.



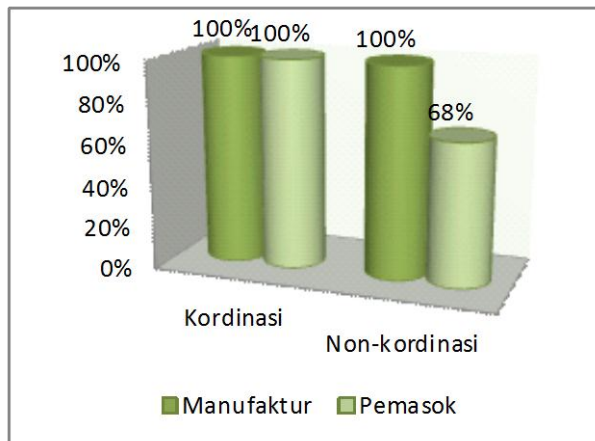
Gambar 5 Tren pengaruh Nilai TCCI yang berbeda terhadap *schedule instability*

Sama halnya jika dilihat dari sudut pandang dalam sistem *supply chain* tanpa adanya kordinasi cukup terlihat juga penggunaan *component commonality* berdampak positif dalam mengurangi tingkat *schedule instability*. Pada manufaktur ataupun pemasok dilakukan simulasi pada tingkat *commonality* yang berbeda, yakni TCCI = 0, TCCI = 0.3, dan TCCI = 0.6. terdapat dua level yang nampak memiliki dampak positif dalam mengurangi tingkat ketidakstabilan jadwal produksi yaitu level TCCI = 0.3 dan TCCI = 0.6.

Service Level

Seperti halnya dengan ukuran kinerja *schedule instability*, untuk ukuran kinerja *service level* yang menggunakan perhitungan *fill rate* pada masing-masing entitas baik manufaktur atau pemasok. Hasil dari eksperimen yang dilakukan pada bagian sebelumnya menunjukkan bahwa dengan adanya kordinasi dalam sistem *supply chain* dapat meningkatkan nilai *service level* secara keseluruhan dalam sistem. Hal itu terlihat pada Gambar 6 yang menunjukkan bagaimana kondisi nilai *service level* dalam kondisi adanya kordinasi pada sistem menunjukkan hasil positif dalam

meningkatkan ataupun menjaga konsistensi dari nilai *service level*.



Gambar 6 Persentase besaran nilai *service level* bagi manufaktur dan pemasok pada tingkat *commonality* dan sistem *supply chain* yang berbeda

Pada posisi sistem yang tidak ada kordinasi *service level* pada sisi entitas pemasok terjadi penurunan terhadap besaran nilai *service level*. Hal itu mengindikasikan bahwa dalam perencanaan penjadwalan produksi yang terjadi pada entitas pemasok tergantung dari peramalan yang dilakukan terhadap masukan order dari manufaktur. Ketika tidak adanya kordinasi dalam informasi berkaitan dengan order maka pemasok harus dipaksa melakukan peramalan yang bagus. Namun, sebaik apapun peramalan yang dilakukan dari sisi pemasok tentunya tidak dapat mengendalikan kebijakan yang diambil oleh manufaktur berkaitan dengan pemesanan.

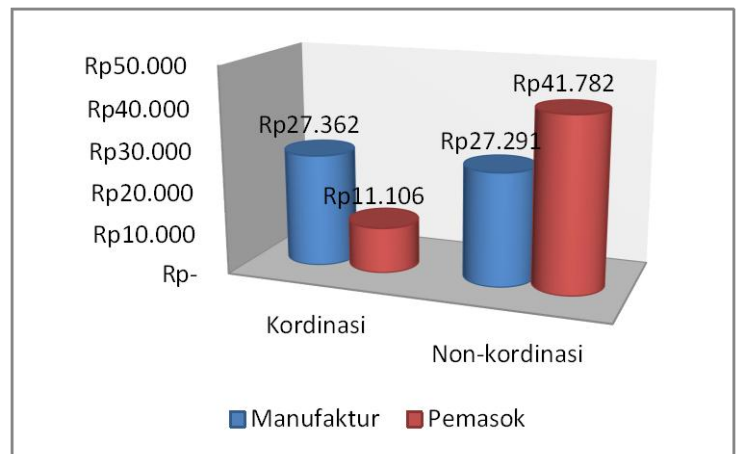
Secara umum seperti halnya dengan *instability*, faktor eksperimental yang dimunculkan dalam penelitian ini berpengaruh juga pada kinerja *service level* yang dimiliki masing-masing entitas. Baik dari sisi adanya variabilitas permintaan konsumen ataupun ketidakpastian permintaan yang ditimbulkan manufaktur akibat permalan yang dilakukan. Hal tersebut terlihat pada hasil analisis korelasi yang terlihat pada Tabel 9 bedanya, untuk kinerja *service level* kondisi adanya variabilitas permintaan konsumen dan ketidakpastian permintaan manufaktur lebih berdampak positif secara linier atau semakin besar simpangan dari kedua faktor eksperimental mengakibatkan kinerja *service level* menurun.

Tabel 9 Output hasil korelasi kinerja *service level*

Hasil Output	Ukuran Kinerja	
	<i>Service Level</i> manufaktur	<i>Service level</i> pemasok
Faktor Eksperimental		
Variabilitas permintaan konsumen	-0.34128	-0.34128
Ketidakpastian permintaan manufaktur	-0.23627	-0.23627
<i>Component commonality</i>	0.03967	0.03967
TBO (<i>Time between order</i>)	0.41798	0.41798

Total Biaya

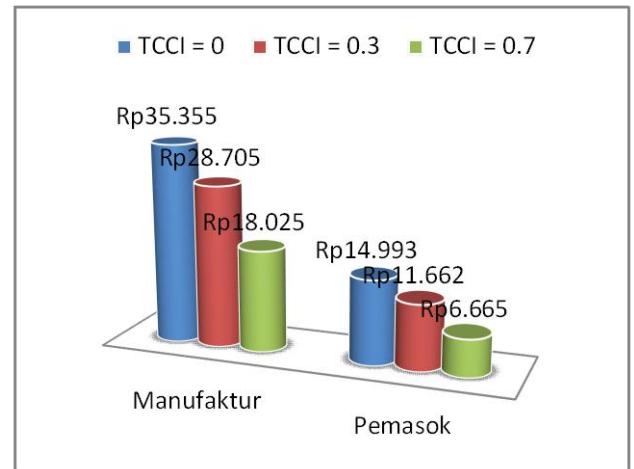
Bagian ini adalah bagian terakhir berkaitan dengan ukuran kinerja yang dipertimbangkan dalam penelitian ini yakni total biaya. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, elemen biaya yang dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah elemen biaya yang umum digunakan dan di beberapa penelitian sebelumnya yakni biaya pemesanan dan juga biaya persediaan. Hal yang menarik terjadi dari hasil eksperimen yang telah dilakukan sebelumnya. Dalam posisi sistem *supply chain* integrasi (*two-stage*) dengan adanya kordinasi terjadi penurunan total biaya pada entitas pemasok. Posisi dari biaya dari masing-masing entitas dalam posisi kordinasi dapat terlihat pada Gambar 7,



Gambar 7 Besaran nilai total biaya bagi manufaktur dan pemasok pada kondisi kordinasi dan tidak adanya kordinasi pada sistem *supply chain*

Terlihat pada posisi sistem integrasi (*two-stage*) dengan adanya kordinasi dalam sistem *supply chain* dapat mereduksi biaya yang terjadi pada entitas pemasok hingga 42%. Sebaliknya dalam sistem *supply chain* tanpa ada kordinasi pihak pemasok menanggung biaya lebih besar hingga beda biaya hampir mengalami kenaikan sebesar 20%. Hal ini mengindikasikan dalam sistem *supply chain* masing-masing entitas berupaya untuk meminimalkan biaya, namun ketika tidak adanya kordinasi maka ketika contohnya manufaktur melakukan kebijakan meminimalisasi biaya efek yang ditimbulkan adalah di level *upstream* atau dalam penelitian ini adalah pemasok akan terkena imbas kenaikan biaya yang tak terduga. Seperti diketahui bahwa penjawalan produksi senantiasa dikendalikan oleh variabilitas dan ketidakpastian permintaan. Oleh karena itu, perlu adanya kordinasi dalam sistem *supply chain* dalam mereduksi biaya yang ditimbulkan.

level TCCI = 0.7. dari sisi pemasok juga mengalami hal yang sama yakni terjadi efisiensi sebesar 12% pada level TCCI = 0.3 dan 27% pada level TCCI = 0.7.



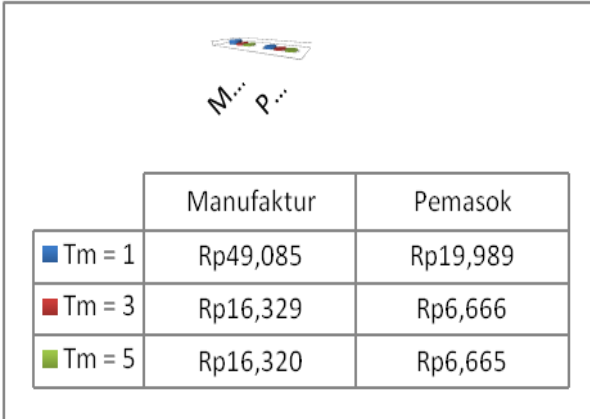
Gambar 8 Besaran nilai total biaya untuk manufaktur dan pemasok pada berdasarkan tingkat *commonality* dalam sistem *supply chain* integrasi

Tabel 10 Output Hasil Korelasi Kinerja Total Biaya

Hasil Output	Ukuran Kinerja	
	Total Biaya manufaktur	Total Biaya pemasok
Faktor Eksperimental		
Variabilitas permintaan konsumen	0.00097	-0.00019
Ketidakpastian permintaan manufaktur	0.00132	-0.00057
<i>Component commonality</i>	-0.41119	-0.46163
TBO (<i>Time between order</i>)	-0.76328	-0.75510

Dari eksperimen dengan menggunakan skenario yang berbeda dalam hal penggunaan *component commonality* terlihat adanya tren yang menurun berkaitan dengan total biaya yang dihasilkan. Hal tersebut didukung dengan hasil analisis korelasi yang dihasilkan pada Tabel 10 dimana posisi faktor eksperimental yakni *component commonality* yang memiliki pengaruh signifikan dalam mengurangi total biaya pada masing-masing entitas. Secara garis besar diperjelas juga pada gambar 8 berkaitan dengan penurunan besaran total biaya pada tingkat *component commonality* yang berbeda. Efisiensi terlihat terjadi pada Gambar 8 manufaktur mengalami penurunan biaya dari efek penambahan komponen yakni sekitar 10% pada level TCCI = 0.3 dan 22% pada

Perubahan yang cukup signifikan terjadi akibat adanya pengaruh penambahan komponen yang sama pada struktur produk. Hal ini mengindikasikan bahwa perusahaan mampu mengendalikan elemen biaya operasional produksi dengan mengatur periode pemesanan dan desain produk yang mengakomodir adanya komponen yang sama. Dari sisi TBO pun mengindikasikan hal yang sama yakni adanya penurunan di level TBO yang berbeda. Hasil analisis korelasi juga mengindikasikan hal tersebut. Dimana posisi nilai TBO memiliki pengaruh positif dalam mengurangi total biaya. Tidak terlalu mengejutkan, karena memang seperti yang telah dibahas sebelumnya bahwa adanya *cost structure* dalam hal ini nilai TBO mampu meminimalisasi dampak *schedule instability* yang mengakibatkan pula penurunan pada total biaya. Berikut ini pada Gambar 9 coba ditampilkan bagaimana posisi total biaya akan dampak dari adanya nilai TBO.



	Manufaktur	Pemasok
■ Tm = 1	Rp49,085	Rp19,989
■ Tm = 3	Rp16,329	Rp6,666
■ Tm = 5	Rp16,320	Rp6,665

Gambar 9 Persentase besaran total biaya untuk manufaktur dan pemasok pada Nilai TBO yang berbeda dalam sistem *supply chain* integrasi

Secara garis besar dalam penelitian ini faktor yang berpengaruh diantaranya adanya koordinasi dalam sistem. Kemudian tentu tidak luput dari adanya variabilitas permintaan dan juga ketidakpastian permintaan sekaligus adanya nilai TCCI ataupun nilai TBO yang mempengaruhi segala ukuran kinerja dalam penelitian ini yaitu *schedule instability*, *service level*, dan total biaya. Dalam penelitian ini nilai TBO pada manufaktur (T_m) lebih berperan sekali pengaruhnya dalam mempengaruhi hasil dari ukuran kinerja.

Jika dibandingkan dengan posisi sistem yang tidak ada koordinasi beberapa kejadian dalam ukuran kinerja interaksi antara TBO manufaktur (T_m) dan TBO pemasok (T_s) berdampak positif dalam ukuran kinerja dalam penelitian ini. Namun tentunya dari sisi manufaktur nilai T_s tidak terlalu berpengaruh seperti yang telah dijelaskan sebelumnya. Nilai T_s lebih berpengaruh pada entitas pemasok.

Kesimpulan

Penelitian ini mengamati pengaruh tingkat *component commonality* yang berbeda terhadap *schedule instability*, *service level*, dan *total cost* pada sistem integrasi *supply chain*, yakni integrasi hubungan antara manufaktur-pemasok (*two-stage*). Berdasarkan eksperimen dan hasil pengolahan data serta analisis yang telah dilakukan, terdapat beberapa poin kesimpulan dalam penelitian ini yakni:

- Adanya variabilitas permintaan konsumen dan ketidakpastian dalam peramalan manufaktur berdampak positif dalam mempengaruhi tingkat *schedule instability*.
- *Common component* berdampak positif dalam mengurangi tingkat *instability* pada masing-masing entitas hingga mampu mereduksi *instability* sebesar 5%. Di samping dengan kebijakan *common component*, adanya kondisi operasional dalam hal ini nilai TBO pada masing-masing entitas juga berdampak positif dalam mengurangi *instability* pada masing-masing entitas.
- Berkaitan dengan ukuran kinerja *service level*, dalam mekanisme adanya koordinasi berkaitan dengan berbagi informasi jumlah pemesanan yang mampu mereduksi nilai *schedule instability* berdampak pada peningkatan *service level* pada masing-masing entitas. *Component commonality* yang berdampak positif dalam mengurangi *schedule instability*, juga terlihat mampu meningkatkan *service level* pada masing-masing entitas.
- Kondisi adanya variabilitas permintaan konsumen dan ketidakpastian dari peramalan manufaktur berpengaruh pada kondisi *service level*. Begitu pula nilai TBO yang juga berdampak positif dalam meningkatkan nilai *service level*. Dalam kondisi tidak adanya koordinasi dalam sistem *supply chain (two-stage)*, kebijakan *component commonality* dan kondisi adanya nilai TBO juga berpengaruh dalam mereduksi *instability* pada masing-masing entitas.
- Adanya mekanisme koordinasi, kebijakan penggunaan *common component*, serta adanya nilai TBO yang mampu mereduksi *instability* berdampak pula pada total biaya yang terjadi pada masing-masing entitas menjadi turun. Elemen dari total biaya pada masing-masing entitas yang berkurang yakni akumulasi dari biaya pemesanan dan biaya persediaan.
- Secara garis besar, sebagai seorang manajer *supply chain* yang ingin melakukan tindakan berkaitan dengan mengurangi dampak *instability* perlu memperhatikan beberapa elemen yakni: kondisi

operasional yang terdiri dari variabilitas dan ketidakpastian permintaan, serta struktur biaya yang dalam hal ini mampu memberikan nilai TBO tertentu. Kemudian, adanya kebijakan berkaitan dengan struktur produk yang mewakili adanya *commonality*. Tidak cukup itu saja, perlu adanya kemauan antara masing-masing entitas dalam sistem *supply chain* untuk melakukan kebijakan koordinasi dalam sistem integrasi *supply chain* (*two-stage*), dalam hal ini salah satunya koordinasi berkaitan dengan berbagi informasi kuantitas pemesanan antar masing-masing entitas dalam sistem *supply chain*. Keterkaitan antara elemen-elemen tersebut mampu memberikan pengaruh terhadap *instability* masing-masing entitas ataupun pada sistem.

Daftar Pustaka

1. Pujawan, I. N., Schedule Instability in a *Supply Chain*: An Experimental Study, *International Journal of Inventory Research*, 1(1), 2008, pp. 53-66.
2. Meixell, M. J., The Impact of Setup Costs, Commonality, and Capacity on Schedule Stability: An Exploratory Study. *International Journal of Production Economics*, 95, 2005, pp. 95-107.
3. Grubbstrom, R. W., Tang, O., Modelling Rescheduling Activities in a Multi Period Production-Inventory System. *International Journal of Production Economics*, 68, 2000, pp. 123-135.
4. Xie, Jinxing., Zhao, Xiande., Lee, T.S., Freezing the Master Production Schedule under Single Resource Constrain and Demand Uncertainty. *International Journal of Production Economics*, 83, 2003, pp. 65-84.
5. Sridharan, V., dan LaForge, R.L., The Impact of Safety Stock on Schedule Instability, Cost and Service. *Journal of Operations Management*, 8, 1989, pp. 327-347.
6. Pujawan, I N. and Smart, A. U., Factors Affecting Schedule Instability in Manufacturing Companies. *International Journal of Production Research*, 50(8), 2012, pp. 2252-2266.
7. Xu, L., and Beamon, B., *Supply Chain Coordination and Cooperation Mechanism: An Attribute-Based Approach*. *The Journal of Supply Chain Management*, 42(1), 2006, pp. 4-21.
8. Sahin, Funda, Robinson, E. Powell, Li-Lian Gao, Master Production Scheduling Policy and Rolling Schedules in a Two-Stage Make-to-Order *Supply Chain*. *International Journal of Production Research*, 115, 2008, pp. 528-541.
9. Sahin, Funda, and Robinson, E. Powell, Flow Coordination and Information Sharing in *Supply Chains*: Review, Implication and Directions for Future Research. *Decision Science*, 33(4), pp. 505-536.
10. Metters, R.D., A Method for Achieving Better Customer Service, Lower Costs, and Less Instability in Master Production Schedules. *Production and Inventory Management Journal*, 34(4), 1993, pp. 61–66.
11. Zhao, X., Goodale, J.C. and Lee, T.S., Lot Sizing Rules and Freezing the Master Production Schedule in Material Requirements Planning Systems under Demand Uncertainty. *International Journal of Production Research*, 33(8), 1995, pp. 2241–2276.
12. Sridharan, V, and W.L. Berry. *Freezing Methods for Master Production Scheduling: A Framework for Design and Analysis*. Decision Sciences Institute. Boston, 1987.
13. Zhao, X., Goodale, J.C. dan Lee, T.S., Freezing the Master Production Schedule in Material Requirement Planning Systems Under Demand Uncertainty. *International Journal of Production Research*, 33(8), 2003, pp. 2241-2276.
14. Su, J.P., Chang, Y.L., Ho, J.C., Evaluation of Component Commonality Strategies in *Supply Chain* Environment. *Asia Pacific Management Review*, 9(5), 2004, pp. 801-821.
15. Zhou, Li., and Grubbstrom, R.W., Analysis of The Effect of Commonality in Multi-Level Inventory Systems Applying MRP Theory. *International Journal of Production Economics*. 90, 2004, pp. 251-263.

16. Song, J. S., and Zhao, Yao, The Value of Component Commonality in a Dynamic Inventory System with Lead Time. *Manufacturing and Services Operations Management*. 11(3), 2009, pp. 493-508.
17. Zao, Xiande., and Lee, T.S., Freezing The Master Production Schedule for Material Requirements Planning Systems Under Demand Uncertainty. *Journal of Operations Management*, 11, 1993, pp. 185-205.
18. Wacker, J.G., and Treleven, M., Component Part Standardization: An Analysis of Commonality Sources and Indices. *Journal of Operations Management*, 6, 1986, pp. 219-244.
19. Sugiyono, *Metode Penelitian Administrasi / Oleh Sugiyono*, 2004, Bandung: Alfabeta.
20. Sridharan, V., and Sukran Kadipasaoglu, Alternative Approaches for Reducing Schedule Instability in Multistage Manufacturing Under Demand Uncertainty. *Journal of Operations Management*, 13, 1995, pp. 193-211
21. Zhao, Xiande., and Lee, T.S., Freezing the Master Production Schedule for Material Requirements Planning Systems under Demand Uncertainty, *Journal of Operations Management*, 11, 1993, pp. 185-205.