

Analisis Pengaruh Penerapan Teknologi Informasi untuk Perbaikan Kinerja Rantai Pasok Sistem Produksi-Distribusi dengan Menggunakan Dinamika Sistem

Setijadi¹, Diah Pramestari¹, Bernadetta Kwintiana Ane²

¹Laboratorium Perencanaan dan Optimasi Sistem Industri,
Jurusan Teknik Industri, Universitas Widyatama
e-mail: stij@widyatama.ac.id, mesta_dp@yahoo.com

²Laboratorium Aplikasi Teknologi, Jurusan Teknik Industri,
Universitas Katolik Parahyangan
e-mail: erna@home.unpar.ac.id

Abstrak

Kinerja suatu rantai pasok sistem produksi-distribusi dipengaruhi oleh beberapa penggerak (*drivers*), yaitu persediaan, transportasi, fasilitas, dan informasi. Secara potensial, informasi merupakan penggerak terbesar terhadap kinerja rantai pasok, karena secara langsung mempengaruhi penggerak lainnya. Informasi membuka peluang untuk membuat rantai pasok lebih responsif dan efisien.

Pada sisi lain, pengaturan tingkat produksi dalam suatu sistem produksi-distribusi menjadi suatu masalah sulit karena adanya amplifikasi permintaan dalam rantai pasok (*supply chain*). Amplifikasi mengakibatkan produksi dan persediaan mengalami kelebihan atau kekurangan dari tingkat yang seharusnya. Masalah persediaan ini akan mempengaruhi waktu dan tingkat pesanan yang bisa dipenuhi oleh rantai pasok.

Pada penelitian ini akan dikaji pengaruh penggunaan teknologi informasi terhadap kinerja rantai pasok suatu sistem produksi-distribusi. Penelitian dilakukan dengan menggunakan suatu model simulasi yang terdiri atas tiga matarantai, yaitu pengecer, distributor, dan pabrik. Dengan melakukan simulasi model, dapat diketahui pengaruh penggunaan teknologi informasi terhadap kinerja rantai pasok berdasarkan tiga ukuran kinerja, yaitu: waktu pemenuhan pesanan, tingkat persediaan aktual, dan tingkat pesanan tidak terpenuhi.

Kata kunci: teknologi informasi, rantai pasok, sistem produksi distribusi, dinamika sistem, simulasi.

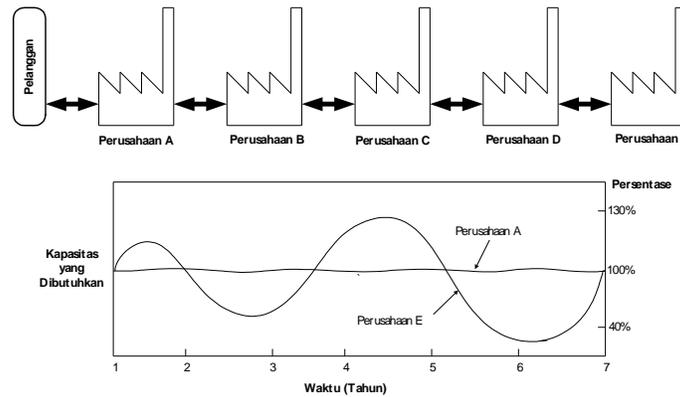
1. Pendahuluan

1.1 Rantai Pasok

Chopra dan Meindl (2001) menyatakan bahwa suatu rantai pasok merupakan suatu rangkaian proses dan aliran yang terjadi di dalam dan antara tahapan rantai pasok yang berbeda dan berkombinasi untuk memenuhi kebutuhan pelanggan atas suatu produk. Menurut Stevens (Towil, 1996:41), suatu rantai pasok merupakan suatu sistem yang mempunyai bagian-bagian pokok yang mencakup pemasok material, fasilitas produksi, jasa distribusi, dan pelanggan, yang berhubungan melalui aliran arus-maju (*feedforward*) material dan arus-balik (*feedback*) informasi.

Dalam rantai pasok tersebut, pengaturan tingkat produksi menjadi suatu masalah sulit karena adanya amplifikasi permintaan dalam rantai pasok. Amplifikasi ini disebabkan oleh adanya waktu tunda (*delay time*), baik penundaan untuk operasi penciptaan nilai tambah (*value-added*) maupun penundaan karena *idle* (Towill, 1991). Amplifikasi permintaan akan menurunkan kinerja rantai pasok, baik pada masing-masing matarantai maupun rantai pasok

secara keseluruhan. Sebagai gambaran, pada Gambar 1 diilustrasikan amplifikasi permintaan yang terjadi pada suatu rantai pasok dari perusahaan A hingga perusahaan B.



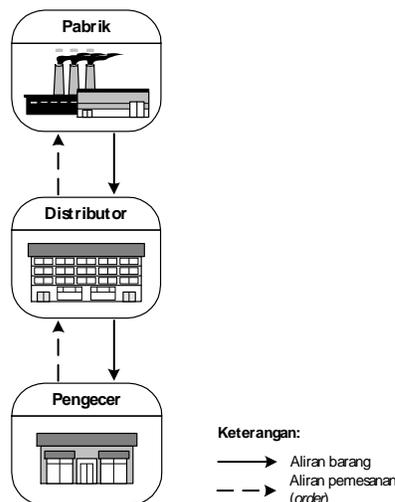
Gambar 1. Ilustrasi amplifikasi permintaan rantai pasok (Sumber: Houlihan dalam Towill, 1991)

Waktu tunda dalam rantai pasok dapat dibedakan atas waktu tunda dalam aliran material dan waktu tunda dalam aliran informasi. Dengan demikian, salah satu upaya untuk memperbaiki kinerja rantai pasok adalah mengurangi waktu tunda dalam aliran informasi.

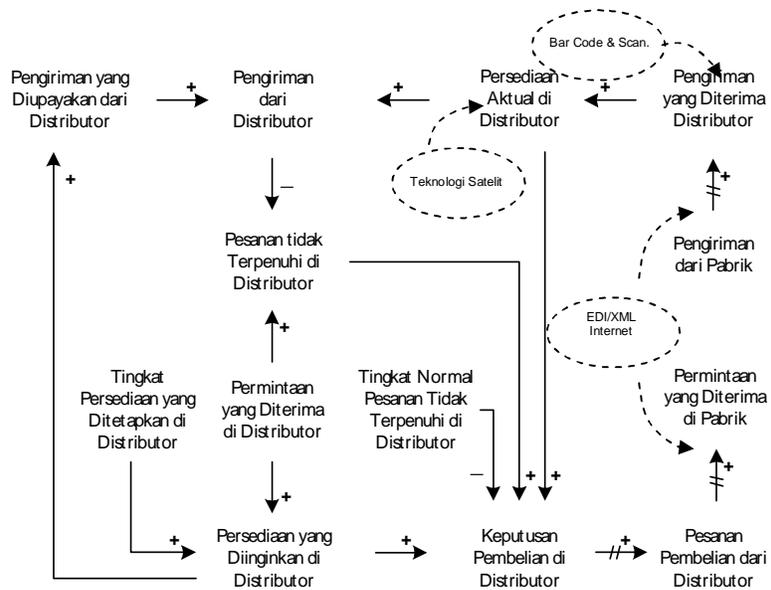
1.2 Teknologi Informasi dalam Rantai Pasok

Chopra dan Meindl (2001) menyatakan adanya beberapa penggerak (drivers) dalam rantai pasok, yaitu persediaan, transportasi, fasilitas, dan informasi. Secara potensial, informasi merupakan penggerak terbesar terhadap kinerja rantai pasok, karena secara langsung mempengaruhi penggerak lainnya. Informasi terdiri atas data dan analisis mengenai persediaan, transportasi, fasilitas, dan pelanggan pada suatu rantai pasok. Informasi membuka peluang untuk membuat rantai pasok lebih responsif dan efisien.

Menurut Bowersox et al. (2002), teknologi informasi (TI) merupakan suatu media yang dapat memfasilitasi perencanaan dan operasi logistik dan rantai pasok. EDI, Internet, XML, dan teknologi satelit menghubungkan komunikasi antara perusahaan dan fasilitasnya. Frekuensi radio menghubungkan komunikasi jarak pendek antara fasilitas-fasilitas, seperti gudang. Image, bar coding, dan teknologi scanning menghubungkan komunikasi antara sistem informasi rantai pasok dan lingkungan fisiknya.



Gambar 2. Struktur model

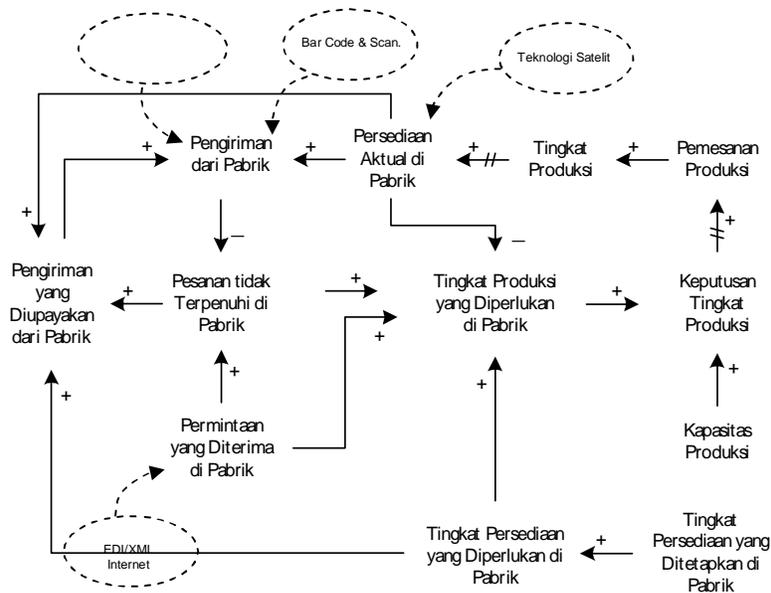


Gambar 4. Subsistem distributor

Berdasarkan diagram hubungan kausal dan persamaan-persamaan pada formulasi model, dibuat model simulasi dengan *Powersim 2.5. Software* ini digunakan untuk menguji keterkaitan di antara struk-tur mikro dan makro mela-lui simulasi dinamik.

2.2 Teknologi Informasi dalam Struktur Model

Dengan menggu-nakan struktur model rantai pasok tiga level di atas, penggunaan TI dapat dibedakan untuk masing-masing level (Gambar 3 sampai 5). Dengan membedakan lingkungannya sebagai lingkungan internal dan lingkungan eksternal, penggunaan TI pada masing-masing level dapat dibedakan sebagai berikut:



Gambar 5. Subsistem pabrik

Pengecer

Teknologi informasi yang digunakan dalam mata-rantai pengecer dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Lingkungan internal
 - *Bar code and scan-ning*: digunakan untuk pencatatan produk sesaat setelah diterima dari distributor.
 - Satelit: digunakan untuk komunikasi antar *point of sales*, serta antara bagian penjualan dan bagian logistik pada mata-rantai pengecer.
- b. Lingkungan eksternal
 - *Electronic Data Interchange (EDI)/ Extensible Markup Language (XML)* dan *Internet*: digunakan untuk komunikasi antara mata-rantai pengecer dan mata-rantai distributor pada saat pemesanan dan pengiriman produk.
 - *Image processing*: digunakan untuk transfer bukti pengiriman produk dari mata-rantai distributor ke mata-rantai pengecer, dan bukti pembayaran produk dari mata-rantai pengecer ke mata-rantai distributor.

Distributor

Pada level distributor, tipe teknologi informasi yang digunakan dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Lingkungan internal
 - *Bar code and scanning*: digunakan untuk pencatatan produk sesaat setelah diterima dari pabrik
 - Satelit: digunakan untuk komunikasi antar *point of distribution*, serta antara *point of distribution* dan bagian pembelian pada mata-rantai distributor.
- b. Lingkungan eksternal
 - EDI/XML dan Internet: digunakan untuk komunikasi antara mata-rantai distributor dan mata-rantai pabrik pada saat pemesanan dan pengiriman produk.
 - *Image processing*: digunakan untuk transfer bukti pengiriman produk dari mata-rantai pabrik ke mata-rantai distributor, dan bukti pembayaran produk dari mata-rantai distributor ke mata-rantai pabrik.

Pabrik

Tipe teknologi informasi yang digunakan dalam mata-rantai pabrik adalah sebagai berikut:

- a. Lingkungan internal
 - *Bar code and scanning*: digunakan untuk pencatatan produk sesaat sebelum dikirim ke distributor.
 - Satelit: digunakan untuk komunikasi antara bagian pengadaan (*procurement*), bagian persediaan/gudang, dan bagian produksi pada mata-rantai pabrik; terutama apabila ketiga bagian tersebut diasumsikan berada pada area terpisah.
- b. Lingkungan eksternal
 - EDI/XML dan *Internet*: digunakan untuk komunikasi antara mata-rantai distributor dan mata-rantai pabrik pada saat pemesanan dan pengiriman produk.
 - *Image processing*: digunakan untuk transfer bukti pengiriman produk dari mata-rantai pabrik ke mata-rantai distributor, dan bukti pembayaran produk dari mata-rantai distributor ke mata-rantai pabrik.

3. Analisis dan Temuan

Pada penelitian ini, dilakukan simulasi terhadap model yang telah dikembangkan sebagai berikut:

- Ukuran kinerja yang digunakan adalah: (1) waktu pemenuhan pesanan (pengecer), (2) tingkat persediaan aktual, dan (3) tingkat pesanan tidak terpenuhi.
- Rancangan strategi yang digunakan adalah: (1) penggunaan TI internal saja dan (2) penggunaan TI internal-eksternal (sekaligus).

- Model simulasi dibuat dengan *Powersim 2.5* dan menggunakan data hipotetis.
- Simulasi dilakukan pada periode sistem hingga 200 minggu dengan kondisi permintaan awal sebesar 1.000 unit per minggu dan terjadi perubahan permintaan sebesar 20% pada minggu ke-10.

3.1 Waktu Pemenuhan Pesanan

Waktu pemenuhan pesanan di pengecer berbeda untuk ketiga kondisi. Seperti ditunjukkan pada Tabel 1, waktu pemenuhan pesanan pada kondisi awal selama 141 hari. Penerapan TI dapat memperbaiki kinerja dari sisi waktu pemenuhan pesanan menjadi 107 hari (TI internal) dan 86 hari (TI internal-eksternal).

Tabel 1. Perbandingan pengaruh strategi terhadap waktu pemenuhan pesanan di pengecer

	t_{pesan} (minggu ke-)	t_{datang} (minggu ke-)	Waktu Pemenuhan Pesanan (minggu)	Waktu Pemenuhan Pesanan (hari)
	(a)	(b)	(c)=(b)-(a)	
WPP	10	21,04	11,04	141
WPP_I	10	16,14	6,14	107
WPP_IE	10	13,20	3,20	86

Keterangan:

WPP = Perhitungan Waktu Pemenuhan Pesanan pada Kondisi Awal

WPP_I = Perhitungan Waktu Pemenuhan Pesanan pada Kondisi Penggunaan TI Internal

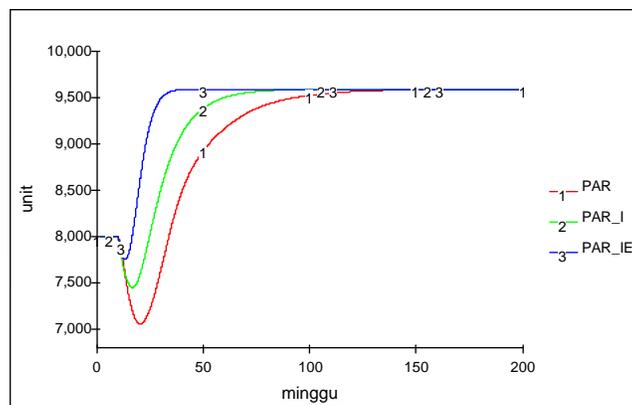
WPP_IE = Perhitungan Waktu Pemenuhan Pesanan pada Kondisi Penggunaan TI Internal-eksternal

Dengan penggunaan TI internal, waktu pemenuhan pesanan dapat dipersingkat sekira 24% dari kondisi awal. Pengurangan waktu pemenuhan pesanan ini dapat diturunkan sekira 39% dengan penggunaan TI internal-eksternal.

3.2 Persediaan Aktual

Pengecer

Penggunaan TI mempengaruhi kinerja rantai pasok pada masing-masing level. Seperti tampak pada Gambar 6, untuk level pengecer, penggunaan TI internal dapat mengurangi tingkat penurunan persediaan.



Keterangan:

PAR = Persediaan Aktual di Pengecer pada Kondisi Awal

PAR_I = Persediaan Aktual di Pengecer pada Kondisi Penerapan TI Internal

PAR_IE = Persediaan Aktual di Pengecer pada Kondisi Penerapan TI Internal-eksternal

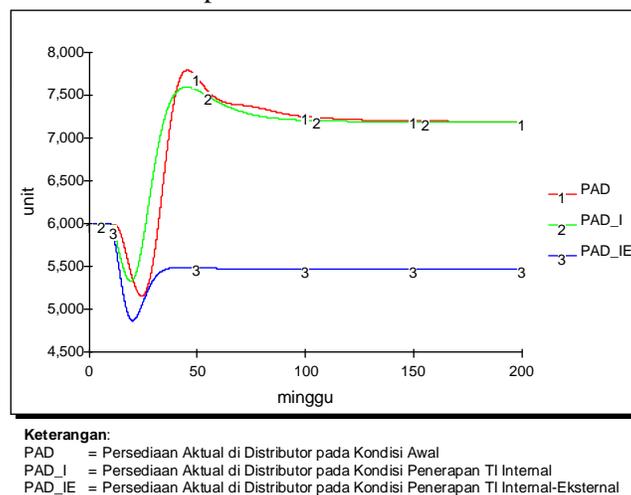
Gambar 6. Persediaan aktual di pengecer

Pada kondisi awal, persediaan turun dari nilai awal sebesar 8.000 menjadi terendah 7.065 unit. Dengan penggunaan TI, nilai terendah persediaan dapat diperbaiki menjadi 7.454 unit (TI internal) dan 7.763 unit (TI internal-eksternal).

Tingkat persediaan stasioner (akhir) untuk ketiga kondisi sekira 9.595 unit. Pada kondisi awal, tingkat stasioner ini dicapai pada minggu ke-158. Dengan penerapan TI, tingkat persediaan stasioner dapat dicapai dalam periode yang lebih singkat, yaitu pada minggu ke-97 (TI internal) dan minggu ke-42 (TI internal-eksternal).

Berdasarkan perilaku model di atas, penggunaan TI dapat mengurangi fluktuasi tingkat persediaan. Pada kondisi awal, fluktuasi terjadi hingga 32%. Dengan penggunaan TI internal, tingkat fluktuasi dapat dikurangi sebesar 5% (menjadi 27%) dan dengan penggunaan TI internal-eksternal sekaligus, nilai ini dapat berkurang hingga 9% (menjadi 23%).

Fluktuasi tingkat persediaan yang tinggi menunjukkan pengecer sulit mengendalikan persediaannya. Hal ini akan berakibat pada ketidakmampuan pengecer dalam merencanakan penjualan maupun dalam memenuhi pesanan.



Gambar 7. Persediaan aktual di distributor

Distributor

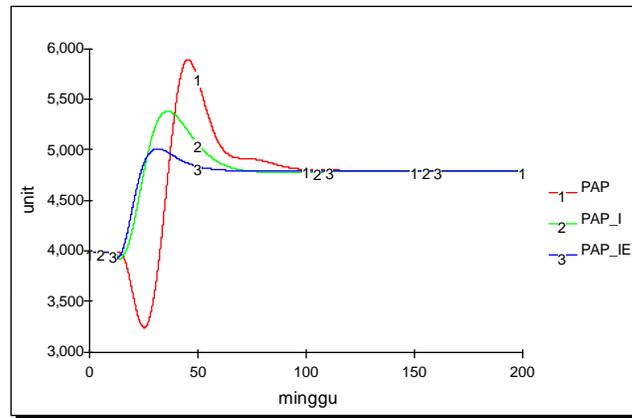
Pada level distributor, tingkat persediaan terendah untuk kondisi awal sebesar 5.166 unit (Gbr. 7). Dengan penggunaan TI, nilai terendah ini menjadi 5.336 unit (TI internal) dan 4.873 unit (TI internal-eksternal).

Pada level distributor, hal khusus dapat dilihat dari nilai stasioner persediaan yang dicapai. Nilai stasioner pada kondisi awal maupun dengan penggunaan TI internal sekira 7.200 unit. Dengan TI internal-eksternal, nilai stasioner ini dapat diperbaiki secara signifikan menjadi 5.480 unit atau sebesar 29%.

Pada distributor, penggunaan TI juga berpengaruh dalam mengurangi fluktuasi tingkat persediaan. Pada kondisi awal, fluktuasi terjadi hingga 34%. Dengan penggunaan TI internal, fluktuasi dapat sedikit dikurangi (sebesar 3%) menjadi 31%. Penggunaan TI internal-eksternal berpengaruh sangat besar dalam mengurangi fluktuasi ini, yaitu sebesar 24% atau menjadi 10%.

Pabrik

Pada kondisi awal, tingkat persediaan aktual di pabrik sangat berfluktuasi (Gambar 8). Pada kondisi ini, tingkat fluktuasi-maksimum persediaan sebesar 66% (minimum 3.256 unit dan maksimum 5.899 unit).



Keterangan:
 PAP = Persediaan Aktual di Pabrik pada Kondisi Awal
 PAP_I = Persediaan Aktual di Pabrik pada Kondisi Penerapan TI Internal
 PAP_IE = Persediaan Aktual di Pabrik pada Kondisi Penerapan TI Internal –Eksternal

Gambar 8. Persediaan aktual di pabrik

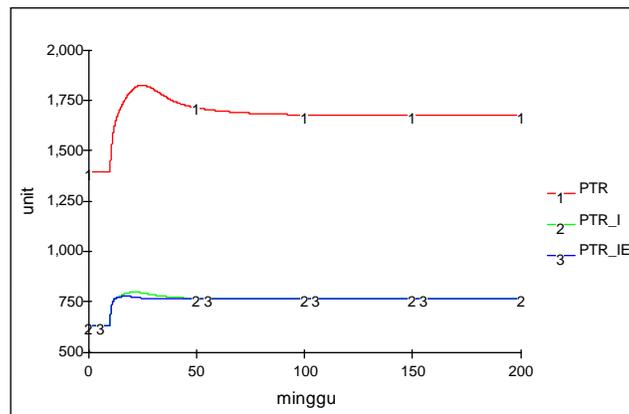
Dengan penerapan TI internal, fluktuasi dapat dikurangi sebesar 30% (menjadi 36%). Tingkat fluktuasi ini dapat lebih diperbaiki hingga 39% (menjadi 27%) dengan penerapan TI internal-eksternal.

3.3 Pesanan tidak Terpenuhi

Pengecer

Penggunaan TI dalam rantai pasok mempengaruhi kinerja dari aspek tingkat pesanan yang tidak terpenuhi. Pada level pengecer, seperti dapat dilihat pada Gambar 9, tingkat pesanan tidak terpenuhi dapat diturunkan.

Pada kondisi awal, nilai stasioner (akhir) pesanan tidak terpenuhi sebesar 1.680 unit. Nilai ini dapat diturunkan menjadi 768 unit, baik dengan penerapan TI internal saja maupun dengan TI internal-eksternal. Dengan demikian, penggunaan TI dapat mengurangi tingkat pesanan tidak terpenuhi sebesar 65%.



Keterangan:
 PTR = Pesanan tidak Terpenuhi di Pengecer pada Kondisi Awal
 PTR_I = Pesanan tidak Terpenuhi di Pengecer pada Kondisi Penerapan TI Internal
 PTR_IE = Pesanan tidak Terpenuhi di Pengecer pada Kondisi Penerapan TI Internal - Eksternal

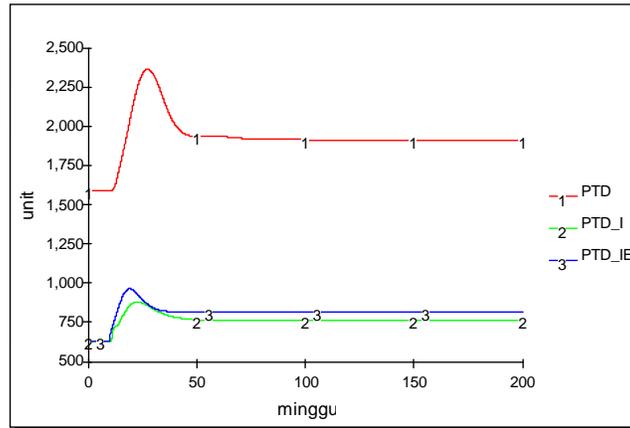
Gambar 9. Pesanan tidak terpenuhi di pengecer

Distributor

Hal yang serupa dengan pengecer terjadi pada level distributor. Seperti ditunjukkan dalam Gbr. 10, nilai stasioner (akhir) pesanan tidak terpenuhi pada kondisi awal sebesar 1.920 unit. Dengan penggunaan TI internal, nilai ini dapat diturunkan menjadi 768 unit dan menjadi 820 unit dengan penerapan TI eksternal.

Dibandingkan dengan kondisi awal, penggunaan TI internal dapat mengurangi tingkat pesanan tidak terpenuhi sebesar 72%. Dengan penggunaan TI internal-eksternal sekaligus, tingkat pesanan tidak terpenuhi turun sebesar 69%.

Dengan penggunaan TI eksternal dan internal sekaligus, tingkat pesanan tidak terpenuhi di distributor sedikit lebih tinggi dibandingkan hasil dari penggunaan TI internal saja. Hal ini dapat terjadi karena, pada level ini, tingkat persediaan aktual jauh lebih rendah dengan penggunaan TI eksternal dan internal sekaligus dibandingkan hanya dengan penggunaan TI internal saja (lihat analisis terhadap tingkat *persediaan aktual*).



Keterangan:
 PTP = Pesanan tidak Terpenuhi di Distributor pada Kondisi Awal
 PTP_I = Pesanan tidak Terpenuhi di Distributor pada Kondisi Penerapan TI Internal
 PTP_IE = Pesanan tidak Terpenuhi di Distributor pada Kondisi Penerapan TI Internal - Eksternal

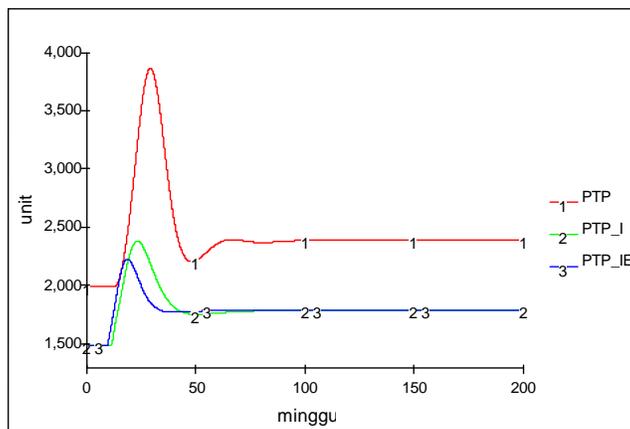
Gambar 10. Pesanan tidak terpenuhi di distributor

Pabrik

Pada level pabrik, penggunaan TI dapat memperbaiki tingkat pesanan tidak terpenuhi dari nilai stasioner yang dicapai. Pada level ini, penggunaan TI juga sangat berpengaruh dalam mengurangi lonjakan tingkat pesanan yang tidak terpenuhi (Gambar 11).

Pada kondisi awal, nilai stasioner tingkat pesanan tidak terpenuhi untuk level pabrik sebesar 2.400 unit. Dengan penggunaan TI, baik TI internal maupun TI internal-eksternal, nilai ini dapat diturunkan menjadi 1.800 unit atau sebesar 30%.

Akibat perubahan permintaan pada minggu ke-10, tingkat persediaan tidak terpenuhi melonjak (maksimum) 94% dari 2.000 unit menjadi 3.873 unit. Dengan penggunaan TI internal, lonjakan maksimum terjadi dari 1.500 unit menjadi 2.393 unit (60%) dan 2.240 unit (49%).



Keterangan:
 PTP = Pesanan tidak Terpenuhi di Pabrik pada Kondisi Awal
 PTP_I = Pesanan tidak Terpenuhi di Pabrik pada Kondisi Penerapan TI Internal
 PTP_IE = Pesanan tidak Terpenuhi di Pabrik pada Kondisi Penerapan TI Internal - Eksternal

Gambar 11. Pesanan tidak terpenuhi di pabrik

4. Kesimpulan

Dengan menggunakan model simulasi dinamika sistem dan data hipotetis untuk menguji pengaruh akibat perubahan permintaan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Berdasarkan tiga ukuran kinerja - *waktu pemenuhan pesanan*, *persediaan aktual*, dan *pesanan tidak terpenuhi* - penggunaan TI dapat memperbaiki kinerja rantai pasok sistem produksi-distribusi.
- b. Waktu pemenuhan pesanan dapat dipersingkat dari kondisi awal sekira 24% dengan penggunaan TI internal dan sekira 39% dengan penggunaan TI internal-eksternal.
- c. Terhadap persediaan aktual:
 - Pada level pengecer, penggunaan TI internal dapat mengurangi fluktuasi persediaan sebesar 5% dan dengan penggunaan TI internal-eksternal, fluktuasi dapat berkurang hingga 9%.
 - Pada level distributor, dengan penggunaan TI internal, fluktuasi dapat sedikit dikurangi (sebesar 3%) dan dengan penggunaan TI internal-eksternal fluktuasi dapat dikurangi hingga sebesar 24%.
 - Pada level pabrik, dengan penerapan TI internal, fluktuasi dapat dikurangi sebesar 30% dan dengan penerapan TI internal-eksternal fluktuasi dapat dikurangi hingga sebesar 39%.
 - Khusus pada distributor, penggunaan TI internal-eksternal dapat menurunkan tingkat persediaan stasioner hingga sebesar 29%.
- d. Terhadap tingkat pesanan tidak terpenuhi:
 - Pada level pengecer, penggunaan TI (TI internal saja atau TI internal-eksternal) dapat mengurangi tingkat pesanan tidak terpenuhi sebesar 65%.
 - Pada level distributor, penggunaan TI internal dapat mengurangi tingkat pesanan tidak terpenuhi sebesar 72% dan dengan penggunaan TI internal-eksternal tingkat pesanan tidak terpenuhi turun sebesar 69%.
 - Pada level pabrik, dengan penggunaan TI (baik TI internal maupun TI internal-eksternal nilai ini dapat diturunkan sebesar 30%.

Daftar Pustaka

- Bhatnagar, R., P. Chandra, dan S.K. Goyal (1993). Models for multi-plant coordination. *European Journal of Operational Research*. 67, 141-160.
- Bowersox, Closs, Copper (2002). *Supply Chain Logistics Management*. McGraw-Hill.
- Chopra, S. & Meindl, P. (2001). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Prentice Hall.
- Forrester, Jay W. (1961). *Industrial Dynamics*. The MIT Press & John Wiley & Sons.
- Setijadi (2002). *Pengembangan Model Dinamika Sistem untuk Perbaikan Kinerja Rantai Pasok melalui Pengurangan Waktu Tunda* (Tesis Magister). Bandung: Teknik dan Manajemen Industri-ITB.
- Simchi-Levi, D. Kaminsky, P. (2002). *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studie*, 2nd ed. McGraw-Hill.
- Towill, D.R. (1991). Supply chains dynamics. *International Journal Computer Integrated Manufacturing*. 4 (4), 197-208.
- Towill, D.R. (1996). Time compression and supply chain management – a guided tour. *Logistics Information Management*. 9 (6), 41-53.
- Towill, D.R., M.M. Naim, dan J. Wikner (1992). Industrial dynamics simulation models in the design of supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. 22 (5), 3-13.

LAMPIRAN

I. Daftar Variabel

BIP	= tingkat pembuatan barang yang diinginkan Pabrik [unit/minggu]
BKP	= Batas Kapasitas manufaktur di Pabrik yang ditentukan tetap [unit/minggu]
BND	= Batas persediaan Negatif di Distributor [unit/minggu]
BNP	= Batas persediaan Negatif di Pabrik [unit/minggu]
BNR	= Batas persediaan Negatif di pengecer [unit/minggu]
DHD	= penundaan dalam penghalusan permintaan di Distributor [minggu]
DHP	= penundaan dalam penghalusan permintaan di Pabrik [minggu]
DHR	= penundaan dalam penghalusan permintaan di pengecer [minggu]
DKD	= penundaan dalam proses Klerikal pemesanan di Distributor [minggu]
DKP	= penundaan dalam proses Klerikal pemesanan manufaktur di Pabrik [minggu]
DKR	= penundaan di proses Klerikal pemesanan di pengecer [minggu]
DLP	= penundaan dalam <i>Lead time</i> produksi di Pabrik [minggu]
DND	= penundaan karena waktu penanganan minimum yang diperlukan di Distributor [minggu]
DNP	= penundaan karena waktu penanganan minimum yang diperlukan di Pabrik [minggu]
DNR	= penundaan karena waktu penanganan pesanan minimum yang diperlukan di pengecer [minggu]
DPD	= penundaan dalam Pemenuhan pesanan di Distributor [minggu]
DPP	= penundaan dalam Pemenuhan pesanan di Pabrik [minggu]
DPR	= penundaan Pemenuhan pesanan di pengecer [minggu]
DRD	= penundaan dalam transportasi barang ke Distributor [minggu]
DRR	= penundaan dalam transportasi barang ke pengecer [minggu]
DSD	= penundaan dalam Surat-menyurat untuk pemesanan dari Distributor [minggu]
DSR	= penundaan dalam Surat-menyurat dari pengecer [minggu]
dt	= interval waktu solusi [minggu]
DTD	= penundaan, rata-rata, dalam pesanan yang Tidak terpenuhi di Distributor karena tidak adanya barang di saat persediaan "normal" [minggu]
DTP	= rata-rata penundaan pesanan yang Tidak terpenuhi di Pabrik disebabkan tidak adanya barang di persediaan normal [minggu]
DTR	= rata-rata penundaan dalam pesanan yang Tidak terpenuhi di pengecer yang disebabkan kekosongan barang saat persediaan normal [minggu]
DYD	= penundaan dalam penyesuaian persediaan (dan <i>pipeline</i>) di Distributor [minggu]
DYP	= penundaan dalam penyesuaian persediaan (dan <i>pipeline</i>) di Pabrik [unit/minggu]
DYR	= penundaan dalam penyesuaian persediaan (dan <i>pipeline</i>) di pengecer [minggu]
GDI	= pengaruh penundaan pengiriman terhadap pangsa pasar [tanpa satuan]
GRH	= pengaruh Rasio Harga terhadap pangsa pasar [tanpa satuan]
GTA	= pengaruh rasio pTr (pesanan tidak terpenuhi di pengecer) atas pAr (persediaan aktual di pengecer) terhadap harga [tanpa satuan]
HP	= Harga Produk [Rupiah]
HPA	= Harga Produk Awal [Rupiah]
HPS	= Harga Produk pesaing [Rupiah]
IRR	= pengiriman Relatif dari pengecer [unit/minggu]
IRS	= pengiriman Relatif dari pesaing [unit/minggu]
KBD	= Keputusan tingkat pembelian di Distributor [unit/minggu]
KBP	= Keputusan tingkat pembuatan barang di Pabrik [unit/minggu]
KBR	= Keputusan tingkat pembelian di pengecer [unit/minggu]
KTD	= pengiriman yang diterima Distributor [unit/minggu]
KTP	= pengiriman yang diterima di persediaan Pabrik hasil pembuatan [unit/minggu]
LID	= <i>pipeLine order</i> yang diinginkan dalam perjalanan menuju Distributor [unit]
LIP	= <i>pipeLine order</i> yang diinginkan dalam perjalanan menuju Pabrik [unit]
LIR	= <i>pipeLine order</i> yang diinginkan dalam perjalanan ke suplai pengecer [unit]
LPD	= <i>pipeLine order</i> aktual dalam Perjalanan ke Distributor [unit]
MKD	= Material yang sedang dikirim ke Distributor [unit]
MKR	= Material yang sedang dikirim ke pengecer [unit]
PAD	= Persediaan Aktual di Distributor [unit]
PAP	= Persediaan Aktual di Pabrik [unit]
PAR	= Persediaan Aktual di pengecer [unit]
PBP	= Pemesanan pembuatan barang dalam Pabrik [unit/minggu]
PDD	= Pesanan pembelian yang dikirim dari Distributor [unit/minggu]

PDR	= Pesanan pembelian yang Dikirim dari pengeceR [unit/minggu]
PHD	= Permintaan yang diHaluskan di Distributor [unit/minggu]
PHP	= Permintaan yang diHaluskan di Pabrik [unit/minggu]
PHR	= Permintaan yang diHaluskan di pengeceR, rata-rata penjualan [unit/minggu]
PID	= Persediaan yang diInginkan di Distributor [unit]
PIP	= Persediaan yang diInginkan di Pabrik [unit]
PIR	= Persediaan yang diInginkan di pengeceR [unit]
PKD	= Pesanan dalam proses Klerikal di Distributor [unit]
PKP	= Pesanan manufaktur dalam proses Klerikal di Pabrik [unit]
PKR	= Pesanan dalam proses Klerikal dari pengeceR [unit]
PMD	= Pesanan pembelian yang diteriMa dari Distributor [unit/minggu]
PMP	= Permintaan pesanan yang diteriMa di Pabrik [unit/minggu]
PMR	= Permintaan diteriMa pengeceR [unit/minggu]
POP	= <i>Pipeline Order</i> di Pabrik [unit]
POR	= <i>Pipeline Order</i> di pengeceR [unit]
PP	= Pangsa Pasar [tanpa satuan]
PPD	= Proporsi tetap untuk Persediaan di Distributor [minggu]
PPP	= Proporsi tetap untuk Persediaan di Pabrik [unit]
PPR	= Permintaan Potensial di pengeceR [unit/minggu]
PPR	= Proporsi tetap untuk Persediaan di pengeceR [minggu]
PRP	= Pesanan pRoduksi di Pabrik [unit]
PSD	= Pesanan pembelian melalui Surat dari Distributor [unit]
PSR	= Pesanan pembelian melalui Surat dari pengeceR [unit]
PTD	= Permintaan pesanan yang diTerima di Distributor [unit/minggu]
PTP	= Pesanan yang Tidak terpenuhi di Pabrik (<i>Factory</i>) [unit]
PTR	= Pesanan yang Tidak terpenuhi di pengeceR [unit]
PTT	= Pesanan yang Tidak Terpenuhi [unit]
RCD	= tingkat pengiRiman yang akan diCoba di Distributor [unit/minggu]
RCP	= tingkat pengiRiman yang sedang diCoba di Pabrik [unit/minggu]
RCR	= tingkat pengiRiman yang akan diCoba di pengeceR [unit/minggu]
RDI	= Rasio penunDaan pengiRiman [tanpa satuan]
RDR	= pengiRiman Dari pengeceR [unit/minggu]
RGP	= pengiRiman dari Gudang Pabrik [unit]
RH	= Rasio Harga [tanpa satuan]
RPD	= pengiRiman dari Persediaan Distributor [unit/minggu]
RTA	= Rasio pTr (pesanan tidak terpenuhi di pengeceR) atas pAr (persediaan aktual di pengeceR) terhadap harga [tanpa satuan]
RTR	= pengiRiman yang diTerima di pengeceR [unit/minggu]
TND	= Tingkat permintaan Normal yang tidak terpenuhi di Distributor [unit]
TNP	= Tingkat permintaan Normal yang tidak terpenuhi di Pabrik [unit]
TNR	= Tingkat permintaan Normal yang tidak terpenuhi di pengeceR [unit]
TPD	= Tabel Pengaruh penunDaan terhadap pangsa pasar [tanpa satuan]
TPH	= Tabel Pengaruh Harga terhadap pangsa pasar [tanpa satuan]
TTA	= Tabel pengaruh rasio pTr (pesanan tidak terpenuhi di pengeceR) atas pAr (persediaan aktual di pengeceR) terhadap harga [tanpa satuan]
UP	= Ukuran Pasar [unit/minggu]
UPR	= perUbahan Permintaan di pengeceR [unit/minggu]
WKR	= Waktu Kirim dari pengeceR [minggu]
WKS	= Waktu Kirim dari peSaing [minggu]

II. Daftar Persamaan

Level Pengecer

RTA(t)	= PTR(t)/PAR(t)	1, R
GTA(t)	= <i>GRAPH</i> (RTA(t), 0, .025, TTA)	2, R
TTA	= .8, .8, 1.25, 1.15, 1.05, 1, .95, .85, .75, 1.2, 1.2	2.1, T
HP(t)	= HP(t-1) x GTA(t)	3, R
RH(t)	= HP(t)/HPS(t)	4, R

GRH(t)	= GRAPH(RH(t),.75,.05,TPH)	5, R
TPH	= 1.6,1.4,1.25,1.15,1.05,1,.95,.85,.75,.6,.4	5.1, T
PP(t)	= GDI(t) x GRH(t)	6, R
IRR(t)	= DELAYMTR(RDR(t-1),WKR)	7, R
RDI(t)	= IRR(t)/IRS(t)	8, R
GDI(t)	= GRAPH(RDI(t),0,.025,TPD)	9, R
TPD	= 1,1,1,1,1,.95,.85,.7,.5,.35,.25,.15,.1,.05,0,0,0	9.1, T
PPR(t)	= PP(t) x UP(t)	10, R
PMR(t)	= PPR(t) + UPR(t)	11, R
PHR(t)	= DELAYINF(PMR(t-1),DHR)	12, R
DHR	= 8	12.1, T
PTR(t)	= PTR(t-1) + dt [PMR(t) – RDR(t)]	13, L
PTR(0)	= PHR(0) [DNR(0) + DTR(0)]	13.1, N
PIR(t)	= PPR(t) x PHR(t)	14, A
TNR(t)	= PHR(t) x [DNR(t) + DTR(t)]	15, A
KBR(t)	= PMR(t) + $\left(\frac{1}{DT}\right)$ [(PIR(t) – PAR(t)) + (LIR(t) – POR(t)) + (PTR(t) – TNR(t))]	16, R
LIR(t)	= PHR(t) x [DKR(t) + DSR(t) + DPD(t) + DRR(t)]	17, A
POR(t)	= PKR(t) + PSR(t) + PTD(t) + MKR(t)	18, A
PKR(t)	= PKR(t-1) + dt [KBR(t) – PDR(t)]	19, L
PKR(0)	= DKR(0) x PMR(0)	19.1, N
PDR(t)	= DELAYINF(KBR(t-1),DKR)	20, R
PSR(t)	= PSR(t-1) + [PDR(t) – PMD(t)]	21, L
PSR(0)	= DSR x PMR(0)	21.1, N
MKR(t)	= MKR(t-1) + dt (RPD – RTR)	22, L
MKR(0)	= DSR x PMR(0)	22.1, N
RTR(t)	= DELAYMTR(RPD(t-1),DRR)	23, R
PAR(t)	= PAR(t-1) + dt [RTR(t) – RDR(t)]	24, L
PAR(0)	= PPR(0) x PHR(0)	24.1, N
BNR(t)	= $\frac{PAR(t)}{dt}$	25, A
RDR(t)	= $\begin{cases} RCR(t) & \text{jika } BNR(t) \geq RCR(t) \\ BNR(t) & \text{jika } BNR(t) < RCR(t) \end{cases}$	26, R
RCR(t)	= $\frac{PTR(t)}{DPR}$	27, A
DPR(t)	= DNR + DTR $\frac{PIR(t)}{PAR(t)}$	28, A
Level Distributor		
PMD(t)	= DELAYMTR(PDR(t-1),DSR)	29, R
PHD(t)	= DELAYINF(PMD(t-1),DHD)	30, R
PHD(0)	= PMR(0)	30.1, N
PID(0)	= PPD(0) x PHD(0)	31, A
TND(t)	= PHD(t) x (DND + DTD)	32, A
KBD(t)	= PMD(t) + $\left(\frac{1}{DYD}\right)$ {(PID(t) – PAD(t)) + (LID(t) – LPD(t)) + (PTD(t) – TND(t))}	33, R
LID(t)	= PHD(t) x (DKD + DSD + DPP + DRD)	34, A
LPD(t)	= PKD(t) + PSD(t) + PTP(t) + MKD(t)	35, A
PKD(t)	= PKD(t-1) + dt(KBD – PDD)	36, L
PKD(0)	= DKD x PMD(0)	36.1, N
PDD(t)	= DELAYINF(KBD(t-1), DKD)	37, R
PSD(t)	= PSD(t-1) + [PDD(t) – PMP(t)]	38, L
PSD(0)	= DSD x PMD(0)	38.1, N
MKD(t)	= MKD(t-1) + [RGP(t) – KTD(t)]	39, L
MKD(0)	= DRD x PMD(0)	39.1, N
KTD(t)	= DELAYMTR(RGP(t-1),DRD)	40, R
PAD(t)	= PAD(t-1) + dt (KTD – RPD)	41, L

$PAD(0) = PPD(0) \times PHD(0)$	41.1, N
$BND(t) = \frac{PAD(t)}{dt}$	42, A
$RPD(t) = \begin{cases} RCD(t) & \text{jika } BND(t) \geq RCD(t) \\ BND(t) & \text{jika } BND(t) < RCD(t) \end{cases}$	43, R
$RCD(t) = \frac{PTD(t)}{DPD(t)}$	44, A
$DPD(t) = DND + DTD \frac{PID(t)}{PAD(t)}$	45, A
<u>Level Pabrik</u>	
$PMP(t) = DELAYMTR(PDD(t-1), DSD)$	46, R
$PHP(t) = PHP(t-1) + \left(\frac{1}{DHP} \right) [PMP(t) - PHP(t)]$	47, L
$PHP(0) = PMP(0)$	47.1, N
$PIP(t) = PPP(t) \times (PHP(t))$	48, A
$TNP(t) = PHP(t) \times [DNP(t) + DTP(t)]$	49, A
$BIP(t) = PMP(t) + \left(\frac{1}{DYP} \right) [(PIP(t) - PAP(t)) + (LIP(t) - POP(t)) + (PTP(t) - TNP(t))]$	50, A
$LIP(t) = PHP(t) \times [DKP(t) + DLP(t)]$	51, A
$POP(t) = [PKP(t) + PRP(t)]$	52, A
$KBP(t) = \begin{cases} BIP(t) & \text{jika } BKP(t) \geq BIP(t) \\ BKP(t) & \text{jika } BKP(t) < BIP(t) \end{cases}$	53, R
$PKP(t) = PKP(t-1) + dt [KBP(t) - PBP(t)]$	54, L
$PKP(0) = DKP(0) \times PMP(0)$	54.1, N
$PBP(t) = DELAYMTR(KBP(t-1), DKP)$	55, R
$PRP(t) = PRP(t-1) + dt (PBP - KTP)$	56, L
$PRP(0) = DLP(0) \times PMP(0)$	56.1, N
$PAP(t) = PAP(t-1) + dt [KTP(t) - RGP(t)]$	57, L
$PAP(0) = PAP(0) \times PHP(0)$	57.1, N
$BNP(t) = \frac{PAP(t)}{dt}$	58, A
$RGP(t) = \begin{cases} RCP(t) & \text{jika } BNP(t) \geq RCP(t) \\ BNP(t) & \text{jika } BNP(t) < RCP(t) \end{cases}$	59, R
$RCP(t) = \frac{PTP(t)}{DPP(t)}$	60, A
$DPP(t) = DNP(t) + DTP(t) \times \frac{PIP(t)}{PAP(t)}$	61, A