

# ANALISIS PERBAIKAN KINERJA RANTAI PASOK SISTEM PRODUKSI-DISTRIBUSI MELALUI PENGURANGAN WAKTU TUNDA (*DELAY TIME*) ALIRAN INFORMASI DENGAN MENGGUNAKAN DINAMIKA SISTEM

Setijadi

Laboratorium Perencanaan dan Optimasi Sistem Industri  
Jurusan Teknik Industri – Universitas Widyatama  
e-mail: [stij@widyatama.ac.id](mailto:stij@widyatama.ac.id)

## ABSTRAK

*Pengaturan tingkat produksi dalam suatu sistem produksi-distribusi menjadi suatu masalah sulit karena adanya amplifikasi permintaan dalam rantai pasok (supply chain). Amplifikasi terjadi karena adanya waktu tunda (delay time) dalam aliran material dan informasi. Amplifikasi mengakibatkan produksi dan persediaan mengalami kelebihan atau kekurangan dari tingkat yang seharusnya, sehingga menurunkan kinerja rantai pasok tersebut. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metodologi dinamika sistem. Dari penelitian ini dihasilkan suatu model rantai pasok produksi-distribusi yang terdiri atas tiga matarantai, yaitu pengecer, distributor, dan pabrik. Dengan melakukan simulasi model, dapat diketahui pengaruh perubahan permintaan terhadap karakteristik rantai pasok dan pengaruh pengurangan waktu tunda aliran informasi terhadap kinerja rantai pasok tersebut. Pengurangan waktu tunda aliran informasi berpengaruh banyak dalam memperbaiki kinerja distributor dan pabrik, namun kurang berpengaruh pada pengecer.*

**Kata Kunci:** model, dinamika sistem, rantai pasok, sistem produksi-distribusi, kinerja.

## 1. Pendahuluan

Dalam lingkungan persaingan saat ini, kemampuan bersaing suatu perusahaan tidak hanya ditentukan oleh kemampuan perusahaan itu sendiri. Kemampuan bersaing ini sangat tergantung pada jaringan operasi perusahaan itu. Dalam pemenuhan kebutuhan pelanggan, jaringan keterkaitan antar-perusahaan membentuk suatu rantai yang disebut rantai pasok (*supply chain*).

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 suatu rantai pasok, diperlukan koordinasi di antara setiap matarantai. Kinerja suatu rantai pasok, selain dipengaruhi oleh kinerja individual masing-masing matarantai, juga akan tergantung pada koordinasi di antara matarantai-matarantai dalam rantai pasok itu.

Bhatnagar et al. (1993), dalam kajiannya terhadap model-model untuk koordinasi multi-pabrik, mendefinisikan dua tingkat koordinasi. Tingkat koordinasi yang pertama, disebut 'koordinasi umum (*general coordination*)', berkaitan dengan permasalahan integrasi keputusan kegiatan-kegiatan yang berbeda, seperti lokasi fasilitas, produksi, dan distribusi. Tingkat kedua, disebut 'koordinasi multi-pabrik (*multi-plant coordination*)' menyangkut permasalahan *linking decisions* di dalam kegiatan yang sama untuk tingkat-tingkat yang berbeda dalam suatu perusahaan.

Lebih lanjut, Bhatnagar et al. (1993) menjelaskan bahwa masalah 'koordinasi umum' diklasifikasikan ke dalam tiga kategori umum, yaitu: koordinasi antara kegiatan-kegiatan suplai dan produksi, koordinasi antara kegiatan-kegiatan produksi dan distribusi, dan koordinasi antara kegiatan-kegiatan persediaan dan distribusi. Berkaitan dengan hal ini, Forrester (1961) menyatakan bahwa produksi dan distribusi merupakan proses utama bagi sebagian besar perusahaan-perusahaan industrial. Di dalam proses itu, persoalan yang sering muncul adalah bagaimana mengatur atau menyesuaikan tingkat produksi terhadap tingkat permintaan konsumen.

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). Pada akhirnya, amplifikasi permintaan akan menurunkan kinerja rantai pasok, baik pada masing-masing matarantai maupun rantai pasok secara keseluruhan.

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.

## 2. Metode Penelitian

Sesuai dengan karakteristik permasalahan, penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metodologi dinamika sistem (*system dynamics*). Metodologi ini dipilih untuk dapat mengakomodasikan aspek non-linearitas, *feedback loop*, dan penundaan (*delay*) yang terdapat dalam sistem rantai pasok. Penelitian ini akan dilakukan melalui pengembangan model simulasi dengan *Powersim 2.5* dan menggunakan data hipotetis.

## 3. Tinjauan Sistem

Suatu sistem produksi-distribusi dapat dikaji sebagai suatu sistem yang terdiri atas tiga aspek utama, yaitu: struktur organisasi, penundaan (*delay*) dalam pengambilan keputusan dan tindakan, dan kebijakan dalam pemesanan dan persediaan (Forrester, 1961).

### 3.1 Struktur Organisasi

Dari aspek struktur organisasi, suatu sistem produksi-distribusi dapat dilihat sebagai suatu struktur yang terdiri atas empat bagian, yaitu: pengecer, distributor, gudang pabrik, dan pabrik. Pengecer merupakan struktur organisasi paling bawah dalam sistem produksi-distribusi. Pengecer berhubungan langsung dengan pelanggan, baik dalam menerima informasi permintaan maupun dalam pengiriman barang. Bagian berikutnya adalah distributor, gudang pabrik, dan pabrik. Aliran informasi dari pelanggan bergerak dari pengecer, diteruskan ke distributor, gudang pabrik, hingga pabrik. Berlawanan dengan aliran informasi, material mengalir dari pabrik menuju gudang pabrik, distributor, sampai ke pengecer.

Untuk memudahkan analisis, dilakukan penggabungan antara pabrik dengan gudang pabrik. Kedua tingkat ini dianggap cukup dekat dan proses-proses yang ada di antara kedua tingkatan ini membutuhkan waktu yang cukup singkat.

### 3.2 Penundaan dalam keputusan dan tindakan

Pada suatu sistem produksi-distribusi terdapat penundaan waktu (*time delay*) dalam aliran pemesanan dan aliran material. Penundaan waktu merupakan faktor penting yang mempengaruhi karakteristik dinamik sistem ini.

Pengiriman barang ke pelanggan dilakukan beberapa waktu setelah pemesanan. Pada tingkat pengecer terdapat rata-rata penundaan untuk proses akuntansi dan pembelian antara waktu penjualan dan waktu pemesanan kembali untuk mengganti barang yang terjual itu. Penundaan juga terjadi untuk keperluan surat menyurat (*mailing delay*). Distributor membutuhkan beberapa waktu untuk memproses pemesanan, sedangkan untuk mengirimkan barang ke pengecer terdapat waktu tunda dalam transportasi.

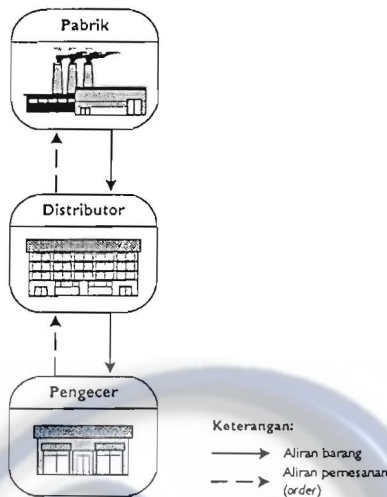
Penundaan yang serupa terdapat di antara distributor dan gudang pabrik. Di tingkat pabrik, terdapat *lead time* antara keputusan untuk mengubah tingkat produksi dengan waktu *output* pabrik mendekati tingkat produksi yang baru.

### 3.3 Kebijakan dalam pemesanan dan persediaan

Dalam sistem produksi-distribusi diperlukan kebijakan-kebijakan untuk mengatur pemesanan dan persediaan pada setiap tingkatan. Pemesanan dapat dibedakan atas pemesanan untuk mengganti barang yang terjual, pemesanan untuk menyesuaikan persediaan sesuai dengan perubahan kegiatan bisnis, dan persediaan untuk memenuhi *supply pipeline* dengan *in-process orders & shipments*.

#### 4. Pemodelan Sistem

Model yang akan dikembangkan pada penelitian ini terdiri atas tiga subsistem yang saling terkait dan masing-masing merupakan suatu matarantai dalam rantai pasok sistem produksi-distribusi. Ketiga subsistem atau matarantai itu adalah (1) pengecer, (2) distributor, dan (3) pabrik, yang diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Antar Subsistem

Deskripsi dan hubungan keterkaitan masing-masing subsistem/matarantai tersebut adalah sebagai berikut (Forrester, 1961):

- Dalam rantai pasok sistem manufaktur, pengecer merupakan matarantai terdepan yang langsung berinteraksi dengan pelanggan. Pengecer menerima informasi permintaan secara langsung dari pelanggan. Berdasarkan informasi ini, pengecer akan memenuhi permintaan pelanggan dengan persediaannya. Jika persediaan ini tidak mencukupi permintaan itu maka akan muncul permintaan yang tidak terpenuhi (*unfilled order*). Berdasarkan data permintaan dari pelanggan, termasuk adanya permintaan yang tidak terpenuhi, pengecer akan melakukan pemesanan ke distributor.
- Distributor merupakan matarantai penghubung antara pengecer (sebagai matarantai “penjualan”) dan pabrik (sebagai matarantai pemroduksi barang). Proses pada matarantai distributor serupa dengan matarantai pengecer. Berdasarkan informasi permintaan dari pengecer, distributor akan memenuhi permintaan ini dengan persediaan yang dimiliki. Jika persediaan di distributor tidak mencukupi permintaan pengecer, maka akan muncul permintaan yang tidak terpenuhi (*unfilled order*). Selanjutnya, berdasarkan data permintaan dari pengecer, termasuk adanya permintaan yang tidak terpenuhi, distributor akan melakukan pemesanan ke pabrik.
- Dalam suatu rantai suplai manufaktur, pabrik merupakan matarantai atau subsistem tempat dilakukannya produksi barang. Pada rantai suplai manufaktur, pabrik menerima informasi permintaan dari distributor. Berdasarkan informasi atau data permintaan ini, pabrik melakukan perencanaan produksi. Perencanaan produksi dibuat untuk memenuhi permintaan dari distributor, termasuk permintaan yang tidak terpenuhi pada periode sebelumnya, dan untuk mengantisipasi perubahan permintaan pada periode yang akan datang.

#### Asumsi-asumsi

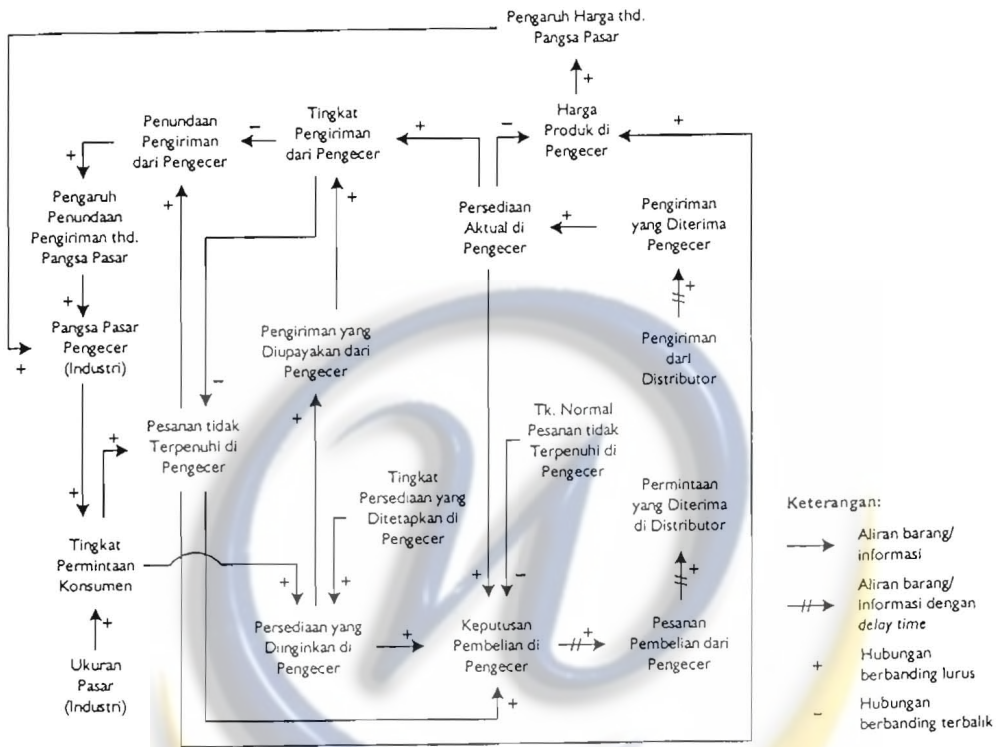
Dalam pengembangan model rantai pasok ini digunakan beberapa asumsi, yaitu:

- Produk merupakan atau dapat dikelompokkan menjadi satu jenis barang.

2. Perubahan permintaan tidak dipengaruhi oleh waktu dan hanya terjadi sesuai dengan yang ditentukan dalam simulasi.
3. Kapasitas gudang di ketiga matarantai dan kapasitas produksi di pabrik dianggap tidak terbatas.

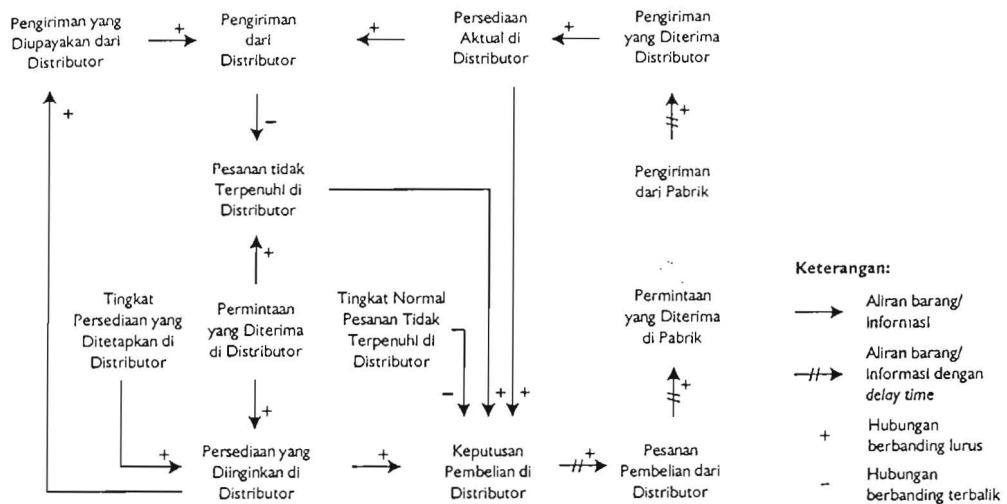
#### 4.1. Diagram Hubungan Kausal

Untuk menggambarkan hipotesis kausal dalam model digunakan diagram hubungan kausal. Diagram ini juga diperlukan untuk membantu dalam mengkomunikasikan struktur umpan balik dan asumsi-asumsi yang mendasarinya. Hubungan kausal untuk subsistem ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Hubungan Kausal Subsistem Pengecer

Hubungan kausal untuk subsistem distributor serupa dengan hubungan kausal pada subsistem pengecer. Gambar 3 menunjukkan hubungan kausal subsistem ini.



Gambar 3. Diagram Hubungan Kausal Subsistem Distributor

Selanjutnya, hubungan kausal untuk subsistem pabrik ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Hubungan Kausal Subsistem Pabrik

#### 4.2. Formulasi Model

Formulasi model dalam bentuk persamaan-persamaan matematis dibuat untuk ketiga matarantai, yaitu pengecer (*retail*, R), distributor (D), dan pabrik (P). Persamaan yang dikembangkan mencakup persamaan *level* (L), persamaan *rate* (R), dan persamaan *auxiliary* (A). Persamaan-persamaan yang dikembangkan dan digunakan dituliskan secara lengkap pada Lampiran.

#### 4.3. Model Simulasi

Berdasarkan diagram alir-diagram alir dan persamaan-persamaan yang dibangun pada formulasi model, dilakukan pembuatan model simulasi dengan *Powersim 2.5. Software* ini digunakan untuk menguji keterkaitan di antara struktur mikro dan makro melalui simulasi dinamik..

#### 4.4. Validasi Model

Validasi terhadap model yang dikembangkan pada penelitian ini terbagi atas: (1) pengujian struktur langsung (*direct structure test*) dan pengujian pola perilaku (*behavior pattern test*) dan (2)

pengujian perilaku berorientasi struktur (*structure-oriented behavior test*). Masing-masing pengujian itu dijelaskan secara rinci berikut ini.

#### 4.4.1. Pengujian struktur langsung dan pola perilaku model

Pengujian ini dilakukan terhadap dua kondisi, yaitu pada kondisi awal dan pada kondisi ketika terjadi perubahan permintaan. Model yang dibangun dimulai pada kondisi keseimbangan (*equilibrium*). Hal ini berarti jika di tingkat pengecer tidak ada perubahan permintaan dari nilai awalnya maka tidak akan ada perubahan pada variabel-variabel lain selama waktu simulasi. Dari kondisi awal di atas, kemudian dilakukan uji perilaku model terhadap perubahan permintaan.

Perilaku-perilaku model dalam perubahan jumlah persediaan pada masing-masing matarantai sesuai dengan model-model yang telah dikembangkan. Penelitian-penelitian sebelumnya yang secara umum menunjukkan perilaku model yang sesuai dengan yang ditunjukkan pada penelitian ini, antara lain yang dilakukan oleh: Forrester (1961), Houlihan (Towill, 1991:198), Towill (1991), Lee et al. (1997), dan Anderson et al. (2000).

#### 4.4.2. Pengujian perilaku berorientasi struktur

Pengujian perilaku berorientasi struktur (*structure-oriented behavior tests*) yang akan dilakukan terhadap model adalah uji kondisi-ekstrim (*extreme-condition test*). Pengujian akan dilakukan terhadap model pada kondisi tidak ada permintaan dari pelanggan. Pada kondisi permintaan dari pelanggan sebanyak nol unit per minggu (tidak ada permintaan), permintaan yang diterima pada masing-masing matarantai juga sebanyak nol unit per minggu.

Pada kondisi tidak ada permintaan, persediaan aktual pada masing-masing matarantai selalu sama dengan kondisi awal. Tingkat persediaan pada masing-masing matarantai tidak mengalami perubahan karena tidak ada permintaan dari matarantai sebelumnya. Hasil pengujian menunjukkan kesesuaian model yang dibangun dalam menghadapi kondisi ekstrim terhadap kondisi ekstrim dalam sistem nyata.

### 5. Perancangan Strategi

#### 5.1. Ukuran Kinerja

Kinerja rantai pasok diukur berdasarkan kinerja pada keseluruhan rantai. Pada model yang dikembangkan, kinerja ini merupakan hasil pengukuran pada setiap rantai, yaitu pabrik, distributor, dan pengecer (pada sistem nyata termasuk konsumen). Kinerja pada suatu rantai dapat mempengaruhi kinerja pada rantai lainnya. Kinerja pada suatu rantai pun merupakan hasil dari keseluruhan (sub) sistem pembentuknya.

Dalam penelitian ini, ukuran kinerja yang akan digunakan adalah tingkat persediaan aktual (*actual inventory*). Tingkat persediaan aktual secara tidak langsung menunjukkan besarnya biaya yang ditanggung setiap matarantai yang bersangkutan. Persediaan aktual yang tinggi pada suatu matarantai menggambarkan tingginya biaya persediaan yang harus ditanggung oleh matarantai tersebut dan begitu pula sebaliknya. Tingkat kinerja yang baik ditunjukkan dengan tingkat persediaan aktual yang rendah.

Perbaikan kinerja rantai pasok dapat dilakukan antara lain dengan mengupayakan penurunan tingkat persediaan. Perbaikan kinerja ini dilakukan pada setiap matarantai dalam rantai pasok.

#### 5.2. Perangkat Dasar

Perangkat dasar strategi yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *pengurangan waktu tunda dalam aliran informasi*. Pada rantai pasok "tradisional", informasi permintaan dari pelanggan diterima hanya oleh pengecer. Pengecer kemudian meneruskan informasi ini ke distributor. Selanjutnya, distributor meneruskan kembali informasi ini ke pabrik. Pada setiap matarantai terjadi penundaan aliran informasi untuk keperluan pengolahan data yang bersifat fungsional maupun klerikal.

Strategi ini dilakukan untuk mengurangi penundaan aliran informasi, baik aliran informasi di dalam suatu rantai maupun antar matarantai pada rantai pasok. Pemercepatan aliran informasi pada suatu rantai pasok dilakukan dengan membangun suatu sistem informasi. Bowersox (2002) menjelaskan bahwa beberapa sistem informasi telah dikembangkan dalam upaya pemercepatan aliran

informasi; di antaranya adalah: *Electronic Data Interchange (EDI)*, *Internet*, *Extensible Markup Language (XML)*, dan teknologi satelit.

Penggunaan teknologi yang telah dikembangkan pada saat ini memungkinkan pemercepatan aliran informasi. Informasi antar matarantai dapat dilakukan tanpa harus mengalir secara serial dari suatu matarantai ke matarantai berikutnya.

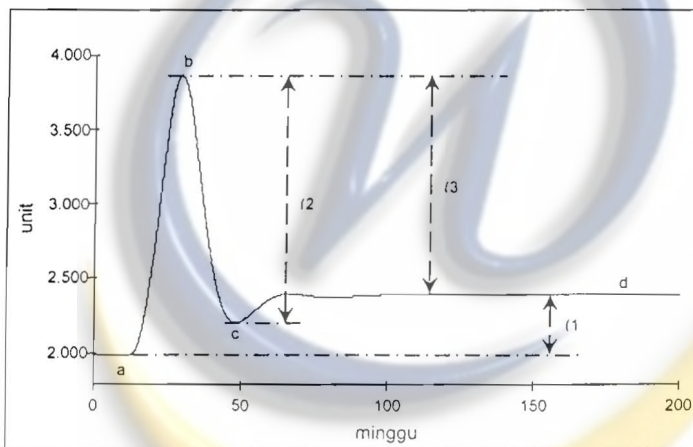
### 5.3. Rancangan Strategi

Upaya perbaikan terhadap kinerja rantai pasok perlu dilakukan untuk mengatasi pengaruh dari terjadinya peningkatan permintaan terhadap kinerja rantai pasok itu. Upaya perbaikan ini dilakukan melalui penerapan kebijakan yang tepat.

Towill (1996) menyatakan bahwa salah satu cara untuk meningkatkan kinerja rantai pasok adalah melalui pengurangan waktu tunda dengan melakukan kompresi waktu. Strategi yang dapat digunakan dalam kompresi waktu adalah perbaikan rekayasa informasi (*information engineering improvements*), seperti penggunaan *electronic data interchange (EDI)*.

Dengan strategi ini, informasi bisa dialirkan lebih cepat. Pada kondisi awal, informasi (berupa permintaan) mengalir dengan urutan pengecer-distributor-pabrik. Dengan teknologi yang ada, strategi dapat dilakukan untuk mengubah aliran ini, sehingga informasi mengalir langsung dari pengecer ke pabrik.

### 5.4. Parameter Pengukuran



Keterangan: (a) Nilai awal (c) Nilai minimum  
(b) Nilai maksimum (d) Nilai stasioner

Gambar 5. Penentuan Parameter-parameter untuk Analisis Tingkat Persediaan Aktual

Strategi yang telah ditetapkan di atas akan diterapkan pada model. Penerapan strategi itu akan dilakukan terhadap setiap matarantai (pengecer, distributor, dan pabrik). Pada masing-masing matarantai, analisis dilakukan dengan mengkaji tingkat persediaan aktual.

Berdasarkan pola perilaku model, analisis terhadap tingkat persediaan menggunakan beberapa parameter berikut ini (Gambar 5):

- (1) Peningkatan persediaan = (d) Nilai stasioner – (a) Nilai minimum
- (2) Perubahan-maksimum persediaan = (b) Nilai maksimum – (c) Nilai minimum
- (3) Kelebihan persediaan = (b) Nilai maksimum – (d) Nilai stasioner

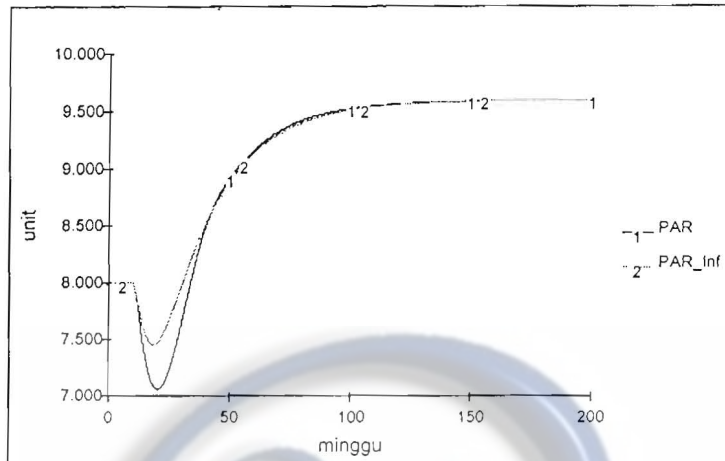
## 6. Analisis Penerapan Strategi

### 6.1. Pengaruh Strategi terhadap Kinerja Pengecer

Peningkatan permintaan sebesar 10% mendorong setiap matarantai, termasuk pengecer, untuk memenuhinya dengan persediaan masing-masing. Pada kondisi awal sebelum dilakukan penerapan strategi, jumlah persediaan awal (PAR) akan segera berkurang dan mencapai jumlah terendah sebesar 7.065 unit pada minggu ke-21. Jumlah persediaan kemudian akan terus meningkat hingga mendekati

kondisi stasioner pada sekitar 9.599 unit mulai minggu ke-140. Pada penerapan strategi (PAR\_Inf), pengurangan jumlah persediaan mencapai nilai terendah sebesar 7.461 unit pada minggu ke-21.

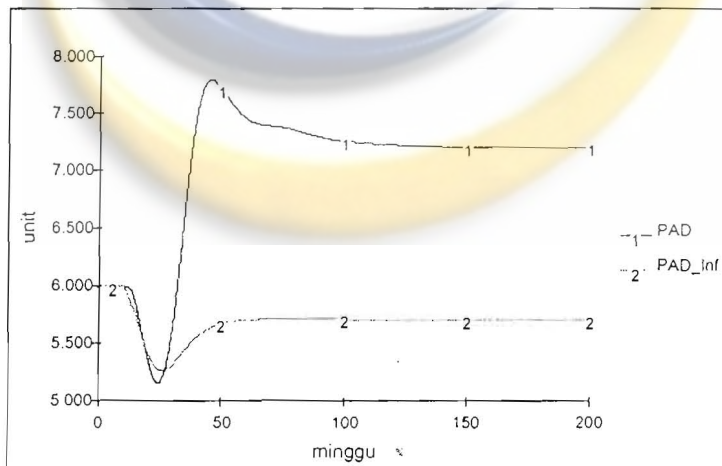
Pada kondisi awal terjadi perubahan-maksimum tingkat persediaan sebesar 31,7%. Dengan penerapan strategi, penurunan-maksimum tingkat persediaan dapat diturunkan menjadi 26,7%. Penurunan jumlah persediaan di satu matarantai pada suatu rantai pasok menunjukkan stabilitas persediaan matarantai itu dalam menanggapi perubahan permintaan. Dalam hal ini, ketidakstabilan berakibat besarnya upaya (biaya) yang harus ditanggung matarantai tersebut.



Gambar 6. Grafik Tingkat Persediaan pada Pengecer

## 6.2. Pengaruh Strategi terhadap Kinerja Distributor

Pada kondisi sebelum dilakukan penerapan strategi, jumlah persediaan awal di distributor (PAD) menurun dan mencapai jumlah terendah sebesar 5.167 unit pada minggu ke-24. Jumlah persediaan ini kemudian terus meningkat dan mencapai nilai tertinggi sebesar 7.799 unit pada minggu ke-45. Selanjutnya, jumlah persediaan menurun kembali dan mendekati kondisi stasioner pada sekitar 7.200 unit mulai minggu ke-150.



Gambar 7. Grafik Tingkat Persediaan pada Distributor

Penerapan strategi memberikan perubahan yang sangat besar di distributor. Seperti terlihat pada Gambar 7, pada awal penerapan strategi (PAD\_Inf) jumlah persediaan menurun menjadi 5.266 unit. Nilai ini kemudian kembali meningkat dan mencapai kondisi stasioner sekitar 5.710

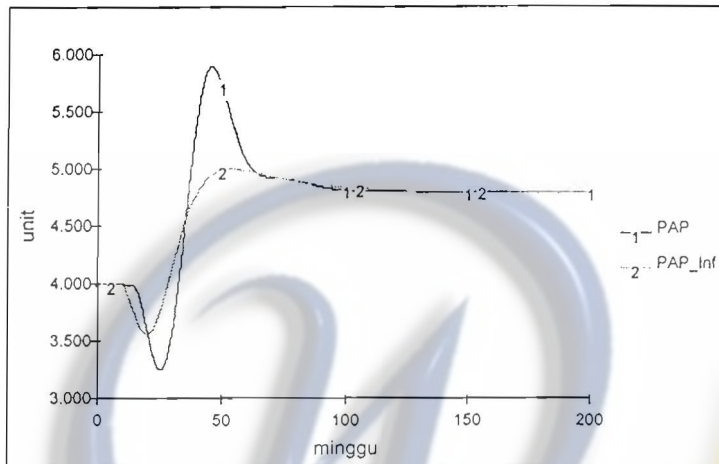
Pada matarantai distributor terjadi fluktuasi tingkat persediaan. Seperti tampak pada Gambar 7, pada kondisi awal lebih berfluktuasi dibandingkan kondisi pada penerapan strategi. Pada kondisi awal, setelah mencapai titik maksimum, tingkat persediaan selanjutnya menurun sebelum mencapai tingkat stasioner. Pada penerapan strategi, setelah mencapai titik minimum, persediaan kemudian meningkat hingga mencapai tingkat stasioner sebesar 5.710 unit. Bahkan, tingkat persediaan itu lebih kecil

dibandingkan pada kondisi awal sebesar 6.000 unit. Penurunan tingkat persediaan pada penerapan strategi sebesar 290 unit (4,8%).

Kelebihan maksimum persediaan di distributor adalah 599 unit (8,2%) pada kondisi awal. Untuk penerapan strategi tidak dilakukan pengukuran terhadap kelebihan persediaan. Pada penerapan strategi, setelah mencapai titik minimum persediaan meningkat langsung ke kondisi stasioner.

### 6.3. Pengaruh Strategi terhadap Kinerja Pabrik

Gambar 8 menunjukkan kondisi tingkat persediaan pada kondisi awal dan pada kondisi penerapan strategi. Pada kondisi awal, jumlah persediaan awal di pabrik (PAP) menurun dan mencapai jumlah terendah sebesar 3.256 unit pada minggu ke-25. Jumlah persediaan ini kemudian terus meningkat dan mencapai nilai tertinggi 5.899 unit pada minggu ke-46. Selanjutnya, jumlah persediaan menurun kembali dan mendekati kondisi stasioner 4.801 unit mulai minggu ke-137.



Gambar 8. Grafik Tingkat Persediaan pada Pabrik

Pada penerapan strategi, jumlah persediaan menurun dari kondisi awal hingga ke tingkat minimum sebesar 3.256 pada minggu ke-25. Selanjutnya, persediaan terus meningkat hingga mencapai tingkat maksimum sebesar 5.005 unit. Nilai maksimum ini tercapai pada minggu ke-54 dan kemudian menurun dan mencapai kondisi stasioner 4.809 unit mulai minggu ke-136.

Terlihat bahwa penerapan strategi dapat memperbaiki kinerja matarantai pabrik dari sisi persediaan aktual. Pada kondisi awal terjadi perubahan-maksimum persediaan sebesar 66,1%. Dengan penerapan strategi, perubahan itu berkurang menjadi 35,8%.

Kelebihan-maksimum persediaan pada kondisi awal sebesar 1.098 unit (22,9%). Dengan penerapan strategi, kelebihan-maksimum dapat dikurangi menjadi 196 unit (4,1%). Dengan demikian, penerapan strategi cukup dapat memperbaiki kinerja matarantai ini dari sisi tingkat persediaan.

### 6.4. Pengaruh Strategi terhadap Kinerja Keseluruhan Rantai Pasok

Fluktuasi persediaan aktual terjadi pada masing-masing matarantai dalam rantai pasok. Fluktuasi mengalami peningkatan dengan urutan dari pengecer, distributor, dan pabrik. Untuk matarantai pengecer, pada periode awal simulasi persediaan aktual mengalami penurunan yang diikuti dengan peningkatan kembali hingga persediaan mencapai kondisi stasioner secara langsung. Pada distributor, penurunan tingkat persediaan juga diikuti dengan peningkatan kembali persediaan.

Namun, selanjutnya persediaan mengalami penurunan kembali sebelum mencapai kondisi stasioner. Hal serupa pada distributor terjadi pada pabrik, yaitu persediaan menurun, meningkat, dan menurun kembali hingga mencapai kondisi stasioner. Pada pabrik, interval perubahan tingkat persediaan lebih tinggi daripada di distributor.

## 7. Kesimpulan dan Saran

### 7.1. Kesimpulan

1. Perubahan permintaan pada suatu rantai pasok mengakibatkan dinamika pada masing-masing matarantai yang menunjukkan terjadinya amplifikasi ke arah hulu (*upstream*), sebagai berikut:
  - a. Pada pengecer, perubahan permintaan mengakibatkan penurunan persediaan yang diikuti dengan peningkatan hingga mencapai kondisi stasioner.
  - b. Pada distributor, terjadi peningkatan pola fluktuasi pada persediaan; penurunan persediaan diikuti dengan peningkatan hingga mencapai tingkat maksimum; selanjutnya, persediaan kembali menurun sampai mencapai kondisi stasioner.
  - c. Pada pabrik, perubahan persediaan terjadi dengan pola yang sama dengan distributor, tetapi dengan tingkat perubahan yang lebih besar.
2. Pada kondisi terdapat perubahan permintaan, pengurangan waktu tunda aliran informasi kurang berpengaruh pada perbaikan kinerja pengecer, namun berpengaruh banyak dalam menurunkan persediaan pada distributor dan dalam menurunkan perubahan-maksimum persediaan pada pabrik.
3. Melalui simulasi model dan dengan menggunakan data hipotetis, diperoleh:
  - a. Pada pengecer, pengurangan waktu tunda aliran informasi tidak mengurangi peningkatan persediaan dari kondisi awal sebesar 20%. Perubahan-maksimum persediaan mengalami perbaikan dari kondisi awal, sebesar 31,7%, menjadi 26,7%.
  - b. Untuk distributor, pengurangan waktu tunda aliran informasi berdampak pada penurunan persediaan sebesar 4,8%. Perubahan-maksimum persediaan dapat dikurangi dari 43,9%, pada kondisi awal, menjadi 7,4%.
  - c. Pada pabrik, dengan pengurangan waktu tunda aliran informasi, peningkatan persediaan berkurang dari sebesar 47,5% pada kondisi awal menjadi 25,1%. Pengurangan perubahan-maksimum persediaan dapat dicapai dari 66,1% pada kondisi awal menjadi 35,8%. Kelebihan persediaan dapat berkurang dari 22,9% pada kondisi awal menjadi 4,1%.

### 7.2. Saran

Dari penelitian ini dapat disampaikan beberapa saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut, sebagai berikut:

1. Model yang dikembangkan pada penelitian ini merupakan model umum. Dari model ini, dapat dilakukan pengembangan lebih lanjut untuk diaplikasikan dalam perancangan strategi perbaikan kinerja suatu rantai pasok pada sistem nyata.
2. Pada penelitian ini, ukuran kinerja rantai pasok yang digunakan adalah persediaan aktual. Penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan mengembangkan ukuran-ukuran kinerja lainnya, seperti biaya, waktu, fleksibilitas, dan sebagainya.
3. Dalam model yang dikembangkan, aliran yang dikaji dibatasi pada aliran material dan aliran informasi. Pengembangan dapat dilakukan dengan memasukkan aliran-aliran: uang, tenaga kerja, dan kapital.