

PENGEMBANGAN MODEL RANTAI PASOK DUA TAHAP UNTUK PRODUK  
YANG MENURUN SECARA WAKTU (DETERIORATING ITEM) DAN MESIN  
YANG TIDAK HANDAL

I Nyoman Sutapa

I Gede Agus Widyadana

**ABSTRAK**

Dalam penelitian ini akan dikembangkan, pertama model dan metode penyelesaian dari sistem rantai pasok dua tahap untuk produk yang menurun berdasarkan waktu dengan memperhitungkan kemungkinan ketidakterediaan sistem produksi. Kedua, model yang dapat menjelaskan gejala antara sistem yang menggunakan integrasi pemasok dan pembeli dan sistem yang menggunakan persaingan antara pemasok dan pembeli. Kedua model ini merupakan pengembangan dari model-model yang sudah ada, dengan menghilangkan beberapa asumsi yang tidak sesuai dengan kenyataan.

**Kata-kunci:** sistem rantai pasok dua tahap, produk yang menurun secara waktu (deteriorating item), mesin yang tidak handal

**PENDAHULUAN**

Penelitian mengenai pemodelan rantai pasok terus berkembang pada beberapa tahun ini. Hal ini disebabkan karena model rantai pasok yang efektif dan efisien mampu meningkatkan keuntungan untuk setiap pelaku usaha yang ada di dalam sistem (Sutapa dkk, 2005).

Rantai pasok adalah integrasi antara pemasok, pembeli atau semua pelaku usaha dalam satu jalur produksi atau distribusi. Model rantai pasok yang paling sederhana hanya melibatkan satu pemasok dan satu pembeli, tetapi model dasar ini dapat dikembangkan menjadi lebih dari dua tahapan rantai pasok.

Beberapa model rantai pasok dua tahap yang sudah dikembangkan antara lain oleh Huang dkk (2005) dan Mitra (2009). Keseluruhan model tersebut mengasumsikan barang tidak menurun kualitasnya selama beberapa waktu. Pada beberapa produk seperti obat, produk elektronika maupun produk pertanian, asumsi ini tidak sesuai.

Bagi Indonesia yang salah satu produk utamanya adalah produk pertanian, diperlukan suatu analisis mengenai model rantai pasok yang efisien dan efektif yang memperhatikan kualitas produk yang menurun berdasarkan waktu sepanjang penyimpanan dan rantai distribusi.

Beberapa penelitian mengenai model rantai pasok dan persediaan yang sudah dilakukan untuk produk-produk yang menurun berdasarkan waktu (*deteriorating items*) antara lain Wee (1993) dan Kim dan Hong (2008). Pada model-model persediaan produk yang menurun berdasarkan waktu pada umumnya mengasumsikan bahwa produksi dapat berjalan dengan lancar seperti yang sudah dilakukan oleh Lin and Lin (2007). Mereka membangun model matematis persediaan untuk produk yang menurun berdasarkan waktu pada dua tahapan rantai pasok. Mereka mengasumsikan sistem produksi berjalan lancar dengan tingkat produksi yang konstan. Pada kenyataannya sistem produksi pada umumnya tidak berjalan dengan lancar dan seringkali tidak tersedia saat dibutuhkan yang berakibat pada kekurangan penjualan (*lost sales*) atau keterlambatan pengiriman (*backorder*). Oleh karena itu penelitian kali ini berusaha untuk mengembangkan model-model persediaan untuk produk menurun yang sudah pernah dilakukan untuk menjadi lebih mendekati kondisi yang sebenarnya. Jika analisa sensitivitas yang dilakukan memberikan gejala yang sejalan dengan penelitian terdahulu maupun aplikasi praktis di lapangan, maka model dapat dikatakan lebih mendekati kondisi realitas yang sebenarnya, karena model yang dikembangkan sudah mengurangi beberapa asumsi pada penelitian sebelumnya.

Tujuan khusus penelitian ini adalah untuk mendapatkan model persediaan yang dapat diaplikasikan pada sistem persediaan untuk produk yang menurun kuantitasnya berdasarkan waktu pada satu sistem rantai pasok dua tahap.

Penelitian ini sangat berguna sebagai dasar pengembangan model-model persediaan untuk produk yang menurun kualitasnya berdasarkan waktu. Produk-produk dengan tipe

seperti ini diantaranya adalah produk-produk pertanian. Produk-produk pertanian sendiri adalah salah satu produk unggulan Indonesia yang perlu untuk dikembangkan dan ditata dengan baik sehingga tidak kalah dengan produk asing. Mengingat hal tersebut, maka hasil penelitian ini akan sangat berguna dan penting sebagai dasar penelitian-penelitian berikutnya di Indonesia,

Penelitian ini diharapkan menghasilkan satu metode untuk mendapatkan tingkat persediaan optimal dalam sistem rantai pasok dua tahap serta melihat gejala pengambilan keputusan dari setiap pengambil keputusan didalam satu sistem rantai pasok. Selain itu penelitian ini diharapkan menghasilkan satu makalah ilmiah yang akan diterbitkan pada satu jurnal internasional. Makalah akan direncanakan untuk dikirim ke jurnal internasional, antara lain *Mathematical and Modelling Journal* dan *Mathematical and Computing Journal*.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

### **Kajian Pustaka yang Sudah Dilakukan**

Model produksi dan persediaan untuk produk-produk yang menurun berdasarkan waktu pertama kali diperkenalkan oleh Misra (1975). Model jumlah produksi ekonomis yang dibuat masih sederhana karena masih mempertimbangkan beberapa asumsi seperti jumlah permintaan diketahui dan konstan, kekurangan permintaan tidak diijinkan, tidak ada batasan tempat penyimpanan, tingkat produksi tak terhingga, dan mesin selalu dalam keadaan baik. Model dasar ini kemudian dikembangkan untuk membuat model yang semakin lama mendekati kenyataan. Perkembangan penelitian mengenai penentuan jumlah produksi ekonomis antara lain dilakukan dengan memperhatikan beberapa kebijakan pemasaran (Goyal dan Gunasekaran, 1995), tingkat permintaan yang tergantung harga dan jumlah barang yang disimpan (Teng dan Chang, 2005), kualitas, inspeksi dan perawatan mesin (Alfares dkk., 2005), penundaan pelunasan pembayaran (Liao, 2006), kerusakan mesin dan perbaikan (Lin dan Gong, 2006), produksi yang tidak sempurna, periode garansi, dan inflasi (Chung dan Wee, 2008), lebih dari satu jenis barang (Kim dan Hong, 2008), dan pengiriman bertahap (Wee dan Chung, 2009). Widyadana dkk. (2011) menawarkan cara penyelesaian model persediaan dengan cara yang lebih sederhana dan efisien.

Salah satu permasalahan penting dalam perencanaan produksi dan persediaan adalah kekurangan persediaan. Kekurangan persediaan ini dapat disebabkan antara lain oleh tingkat permintaan yang tidak pasti, waktu pengiriman yang tidak pasti maupun kemampuan produksi menurun. Kemampuan produksi menurun seringkali terjadi karena timbulnya kerusakan mesin. Beberapa perusahaan berusaha mengurangi permasalahan ini dengan membuat jadwal perawatan mesin. Banyak peneliti yang memperhatikan keterkaitan antaran persediaan dengan perbaikan ataupun perawatan mesin. Penelitian mengenai pengaruh kerusakan mesin dan waktu perbaikan yang bersifat tidak pasti pada persediaan dilakukan oleh Groenevelt dkk (1992). Penelitian ini kemudian dikembangkan oleh Abboud (1997). Dalam modelnya, dia mengasumsikan bahwa kegagalan mesin mungkin timbul saat produksi sedang berjalan. Saat mesin rusak, maka akan segera diperbaiki dan waktu perbaikan memiliki pola distribusi tertentu. Moinzadeh dan Aggarwal (1997) mengusulkan satu model persediaan  $(s, S)$  yang mengasumsikan waktu antar kerusakan berdistribusi eksponensial, waktu perbaikan konstan dan kelebihan permintaan boleh dipenuhi di waktu yang akan datang. Abboud (2001) mengenalkan algoritma yang menggunakan pendekatan diskrit dan teori *Markov Chain*. Dia mengasumsikan bahwa sistem persediaan memiliki tingkat kerusakan mesin yang acak, waktu perbaikan yang acak dan permintaan yang tidak terpenuhi bisa dipenuhi pada periode berikutnya. Aghezzaf dkk. (2007) membangun model perencanaan perawatan dan produksi yang terintegrasi.

Model-model produksi dan persediaan yang memperhitungkan ketidakterediaan produk dikarenakan oleh produksi yang tidak sempurna seperti diuraikan di atas tidak diterapkan pada produk-produk yang menurun terhadap waktu. Model produksi dan persediaan untuk produk-produk yang menurun terhadap waktu (*deteriorating items*) dan memperhatikan ketidaksempurnaan produksi sehingga mengakibatkan kekurangan barang dikembangkan oleh Chung dkk (2011). Di dalam model yang dikembangkan, waktu mulai produksi ada kemungkinan terlambat karena bahan baku belum tiba, mesin masih digunakan untuk produksi barang yang lain atau mesin masih dalam proses perawatan. Waktu ketidak-tersediaan mesin ini adalah acak dengan mengikuti pola distribusi tertentu. Model ini kemudian dikembangkan oleh Widyadana dan Wee (2011) yang mempertimbangkan jika mesin ada kemungkinan untuk rusak saat sedang

produksi. Jika kerusakan terjadi, maka mesin akan segera diperbaiki. Waktu perbaikan berlangsung secara acak dengan mengikuti pola distribusi tertentu.

### **Road Map Penelitian**

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari penelitian yang sudah dilakukan oleh penulis sebelumnya. Penelitian sebelumnya bermula dari penyusunan model persediaan untuk produk yang berkurang berdasarkan waktu dengan memperhatikan waktu perawatan mesin yang bersifat acak (Chung dkk, 2001). Model tersebut kemudian dikembangkan dengan mempertimbangkan kemungkinan mesin rusak saat sedang dilakukan proses produksi (Widyadana dkk, 2011). Kedua penelitian di atas hanya memodelkan tingkat persediaan dari segi pemasok saja, sedangkan perhitungan dengan memperhatikan pemasok dan pembeli masih belum dilakukan, maka penelitian ini akan mengisi kekosongan (*gap*) penelitian yang ada.

## **BAB III. METODE PENELITIAN**

### **Tahapan-tahapan penelitian:**

#### 1. Studi literatur

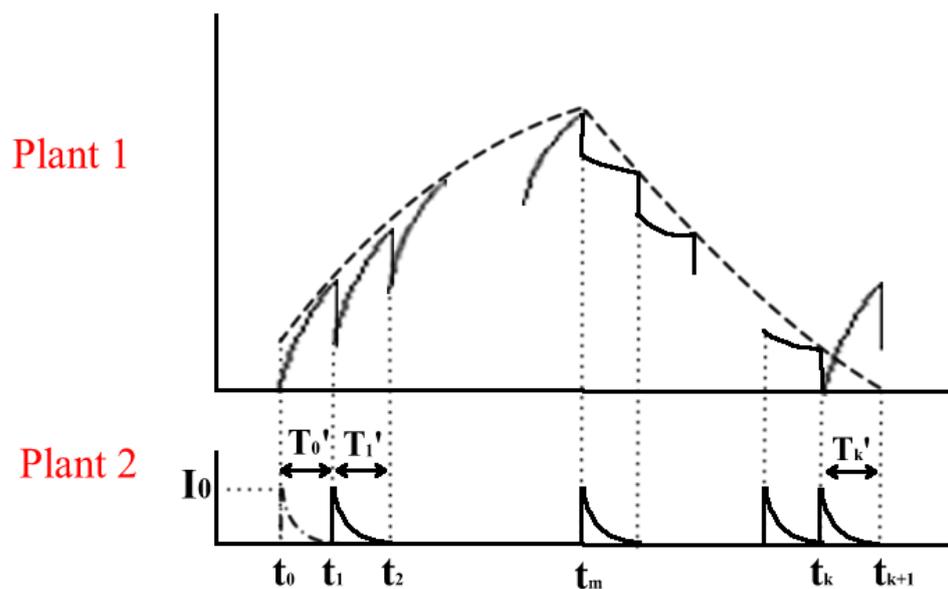
Studi literatur dilakukan untuk mempelajari lebih dalam lagi mengenai penelitian-penelitian yang sudah dilakukan baik mengenai model persediaan untuk barang-barang yang menurun terhadap waktu, rantai pasok dua tahap maupun ketidakhandalan sistem produksi.

#### 1. Pengembangan model rantai pasok yang terintegrasi dengan asumsi adanya kemungkinan kehilangan penjualan (*lost sales*)

Model dasar rantai pasok dua tahap yang memperhitungkan adanya kehilangan penjualan akan dibangun berdasarkan model dasar rantai pasok dua tahap untuk produk yang menurun berdasarkan waktu. Tingkat persediaan untuk persediaan rantai pasok

dua tahap untuk produk-produk yang menurun terhadap waktu dapat dilihat seperti pada Gambar 1.

Gambar 1 menunjukkan tingkat persediaan pada rantai pasok dua tahap. Tahap pertama seperti digambarkan pada Plant 1. Plant 1 yang dalam hal ini adalah produsen melakukan produksi hingga waktu  $t_m$ . Setiap  $t$  periode waktu, produsen akan melakukan pengiriman dengan jumlah yang selalu tetap pada pembeli yang dalam hal ini digambarkan dengan Plant 2. Setelah waktu  $t_m$ , maka persediaan akan terakumulasi sehingga produsen tidak perlu melakukan produksi lagi. Sedangkan pembeli akan menerima produk dalam jumlah yang sama setiap periode waktu  $t$ , dan persediaan akan berkurang baik karena konsumsi maupun karena produk yang menurun kuantitasnya berdasarkan waktu.



**Gambar 1. Tingkat persediaan**

Model dasar ini akan dikembangkan dengan mempertimbangkan bahwa produksi dapat menemui kendala sehingga tidak dapat dimulai sesuai waktu yang diperhitungkan sehingga akan timbul kekurangan persediaan. Jika persediaan kurang, maka pembeli tidak mau menunggu sehingga kekurangan persediaan bisa dianggap sebagai kehilangan penjualan.

2. Penyelesaian model dengan menggunakan analisis matematik menggunakan software Maple dan Matlab.

Model yang sudah disusun akan diselesaikan menggunakan metode metaheuristik karena model terlalu kompleks untuk diselesaikan dengan menggunakan metode optimasi pada umumnya. Oleh karena itu diperlukan media software Maple dan Matlab untuk menyelesaikan model yang dibuat.

3. Verifikasi hasil dan analisa sensitivitas

Verifikasi dan analisa sensitivitas dilakukan dengan mengubah salah satu parameter dan membiarkan parameter lainnya tetap. Dari analisa sensitivitas ini nantinya akan diperoleh analisa parameter mana yang paling berpengaruh pada model dan apakah model yang dibangun sudah valid.

4. Pengembangan model rantai pasok yang terintegrasi dengan asumsi adanya kemungkinan keterlambatan pengiriman.

Pada beberapa pembeli, mereka masih mengijinkan keterlambatan pengiriman jika barang tidak tersedia. Tetapi mereka menetapkan penalti terhadap keterlambatan pengiriman. Untuk mengantisipasi jenis pembeli yang seperti ini maka dibangun model yang mengijinkan adanya keterlambatan pengiriman.

5. Penyelesaian model dengan menggunakan analisis matematik menggunakan software Maple dan Matlab.

6. Verifikasi hasil dan analisa sensitivitas

7. Pengembangan model rantai pasok yang bersaing antara pemasok dan pembeli dengan asumsi adanya kemungkinan kekurangan penjualan.

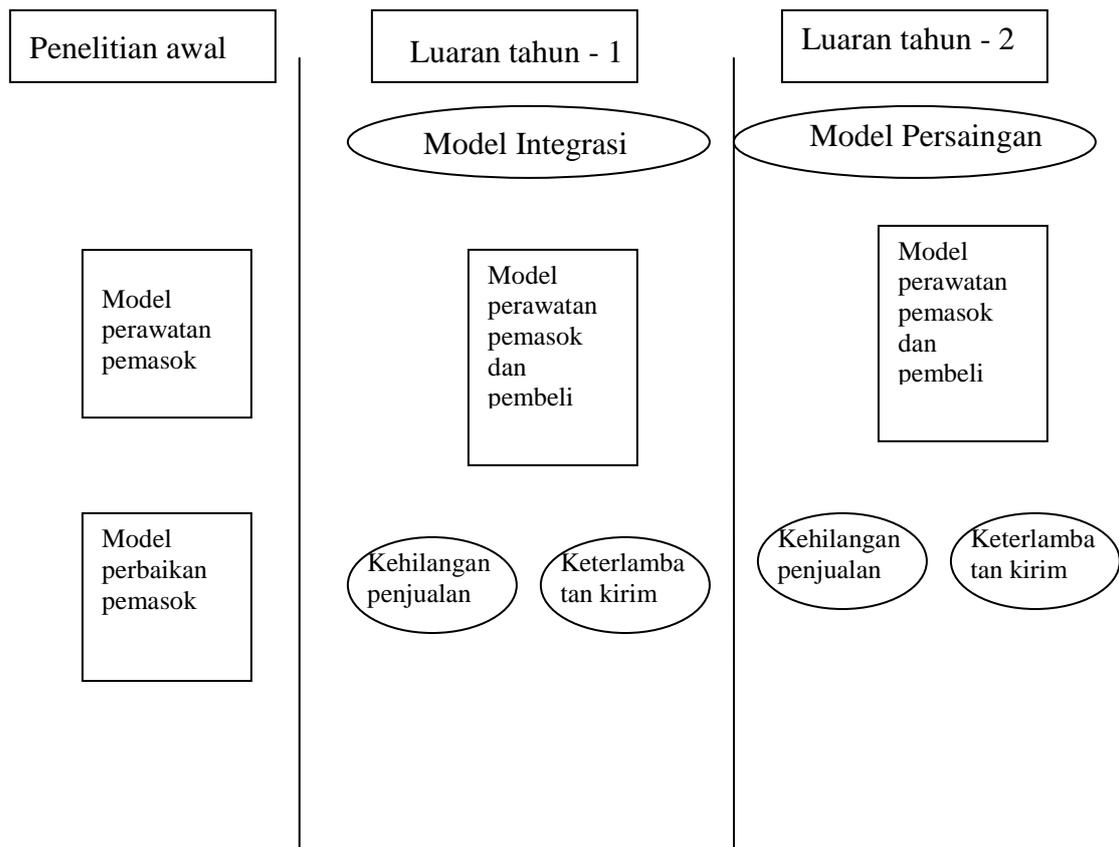
Model pada langkah 2 dan 5 di atas disusun dengan asumsi bahwa pemasok dan pembeli mau bekerja sama untuk mendapatkan keuntungan optimal pada rantai pasok. Tetapi pada beberapa kasus kerjasama seperti ini tidak dapat dijalankan karena baik pemasok maupun pembeli ingin mengoptimalkan keuntungan masing-masing. Oleh karena itu pada tahap ini akan dibangun model permainan antara pemasok dan pembeli, dimana masing-masing pihak berusaha mengoptimalkan keuntungan berdasarkan

asumsi informasi sempurna. Asumsi informasi sempurna menyatakan bahwa kedua belah pihak mengetahui informasi strategi yang digunakan oleh pesaingnya dan menggunakan informasi itu untuk mengambil strategi yang optimal.

8. Penyelesaian model menggunakan teknik metaheuristik dengan bantuan software Matlab.
9. Verifikasi hasil dan analisa sensitivitas.

### **Luaran Penelitian**

Temuan yang ditargetkan adalah model dan metode penyelesaian dari sistem rantai pasok dua tahap untuk produk yang menurun berdasarkan waktu dengan memperhitungkan kemungkinan ketidaktersediaan system produksi. Keluaran kedua penjelasan gejala antara system yang menggunakan integrasi pemasok dan pembeli dan sistem yang menggunakan persaingan antara pemasok dan pembeli. Kedua luaran ini masih belum dibahas pada makalah-makalah di jurnal internasional yang sudah ada, sehingga akan membuat kemungkinan publikasi di jurnal internasional menjadi lebih besar. Gambar 2 berikut menyajikan luaran penelitian yang diharapkan.



**Gambar 2. Rencana Luaran Penelitian**