

MODEL PERENCANAAN SAFETY STOCK TERINTEGRASI UNTUK SISTEM MANUFAKTUR DENGAN FREKUENSI PENGIRIMAN TINGGI

Tjutju T. Dimiyati

Jurusan Teknik Industri - Fakultas Teknik
Universitas Pasundan, Bandung 40261 Indonesia
E-mail: adimyati@bdg.centrin.net.id

Abstrak

Safety stock di satu sisi dapat menekan atau menghilangkan ongkos yang terjadi akibat keterlambatan pengiriman produk kepada konsumen (*opportunity cost*) tetapi di sisi lain akan menimbulkan ongkos persediaan (*inventory cost*). Pada sistem manufaktur dengan frekuensi pengiriman yang tinggi (*frequent delivery manufacturing*) dan tingkat permintaan berfluktuasi, keterlambatan pengiriman merupakan permasalahan yang sering ditemui. Penyebabnya antara lain karena ketersediaan material tidak sesuai kebutuhan produksi dan/atau hasil produksi tidak sesuai permintaan konsumen. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu dilakukan perencanaan yang terintegrasi, mulai dari penentuan kuantitas material yang harus dipesan hingga penentuan kuantitas produk jadi yang harus dibuat. Makalah ini membahas model optimasi perencanaan safety stock untuk material dan produk jadi yang dilakukan secara terintegrasi. Tujuan yang ingin dicapai adalah meminimumkan total ongkos yang terdiri dari ongkos memiliki persediaan dan ongkos akibat keterlambatan pengiriman.

Kata kunci : Safety stocks, Frequent delivery manufacturing, Inventory and Opportunity costs.

1. PENDAHULUAN

Perusahaan manufaktur saat ini dihadapkan kepada tantangan terhadap kemampuan sistem logistiknya, agar dapat ikut serta dalam persaingan pangsa pasar global. Pendekatan terintegrasi pada sistem distribusi, perencanaan dan pengendalian produksi serta pengadaan barang menjadi perhatian sentral dan penting untuk mencapai aktivitas yang efisien dari keseluruhan jaringan, yaitu dari hilir (pemasok), di dalam perusahaan (pabrik), sampai ke hulu (konsumen). Semua ini ditujukan untuk dapat memberikan keuntungan yang strategis dari sisi berkurangnya persediaan dan waktu.

Salah satu tolok ukur keberhasilan sistem manufaktur adalah kemampuannya mengirimkan produk tepat waktu, sesuai kebutuhan konsumen. Kondisi tersebut akan lebih mudah dicapai oleh sistem manufaktur dengan jadwal pengiriman yang teratur pada jangka waktu tertentu (mingguan, bulanan) dan tingkat permintaan yang relatif konstan. Pada sistem manufaktur dengan frekuensi pengiriman tinggi (*frequent delivery manufacturing*) dan demand yang berfluktuasi, keterlambatan pengiriman produk kepada konsumen merupakan permasalahan yang sering ditemui. Karena performansi pengiriman produk dipengaruhi oleh performansi pembuatan produk dan performansi pengiriman material oleh pemasok, maka perlu dilakukan perencanaan yang terintegrasi untuk menentukan kuantitas material yang harus dipesan dan kuantitas produk jadi yang harus diproduksi. Tujuannya adalah meminimumkan total ongkos persediaan (*inventory cost*)

yang terdiri dari ongkos persediaan material dan ongkos persediaan produk serta ongkos kekurangan persediaan yang merupakan *opportunity cost*.

2. PENGEMBANGAN MODEL

2.1 Karakteristik Model

Model perencanaan safety stock terintegrasi yang dibahas pada makalah ini berlaku untuk kondisi sebagai berikut:

- a. Pengiriman produk kepada konsumen terjadi dengan frekuensi yang tinggi
- b. Melibatkan n input material yang dibutuhkan untuk membuat produk jadi dan setiap jenis material dipasok oleh satu *supplier*
- c. Tidak ada potongan harga dari setiap *supplier* bagi setiap jenis material
- d. Perusahaan mengetahui *performance on-time delivery* setiap *supplier* (yaitu rasio antara kuantitas material yang dikirim tepat waktu terhadap kuantitas material yang dipesan) berdasarkan data masa lalu
- e. Perusahaan memiliki catatan *manufacturing performance*, yaitu rasio antara kuantitas produk yang dihasilkan tepat waktu terhadap kuantitas produk yang direncanakan. Ini berlaku untuk semua *delay* kecuali *delay* yang disebabkan terjadinya kekurangan material

2.2 Notasi

Notasi yang digunakan dalam model adalah sebagai berikut:

p_i : *supplier delivery performance* untuk material i

q_i^* : kuantitas material i yang dikirim tepat waktu.

q_i : jumlah material i yang dipesan.

x_i : *safety stock* material i

k_i : *material delivery performance* (ke dalam proses *manufacturing*)

C_i : ongkos persediaan material i pada periode berjalan

c_i : ongkos simpan per unit material i

p_m : *manufacturing performance*

x_p : *safety stock* produk

k_p : *product delivery performance*

q_p : jumlah produk yang dipesan.

C_p : ongkos persediaan produk

c_p : ongkos simpan per unit produk

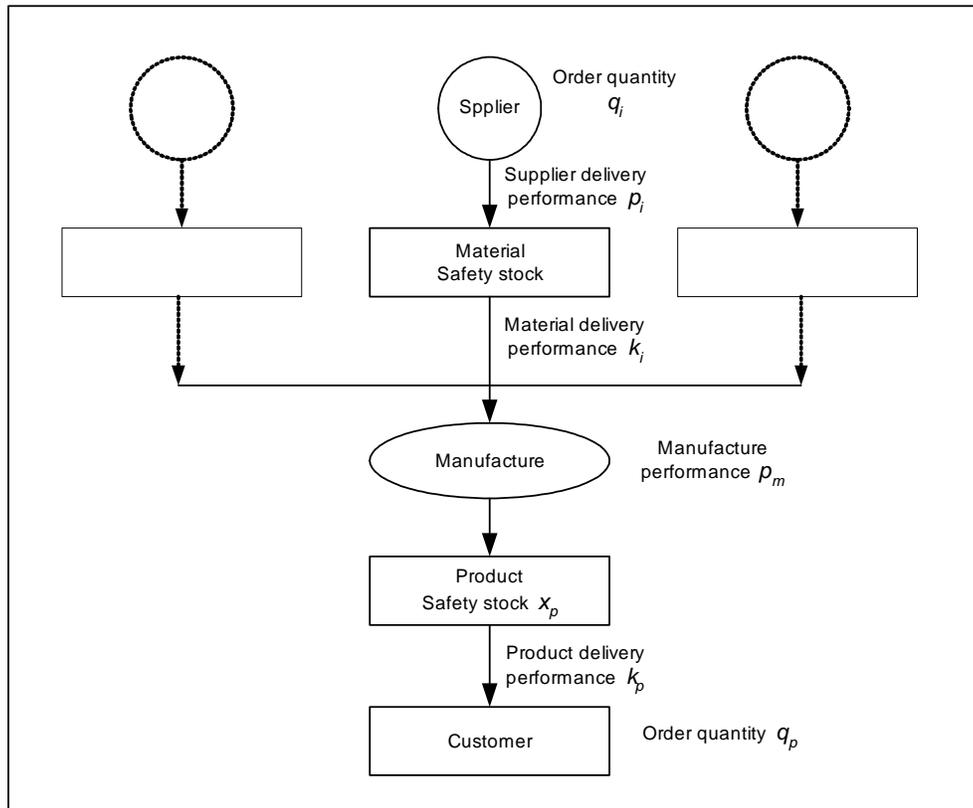
C_o : *opportunity cost*

c_o : *opportunity cost* per unit produk yang diantar tidak tepat waktu.

c_i^* : *reference cost* yaitu besaran yang dijadikan acuan untuk menetapkan *material delivery performance* (k_i) dan *product delivery performance* (k_p)

2.3 Skema Hubungan Supplier, Sistem Manufaktur, dan Konsumen

Secara sistematis hubungan antara supplier, sistem manufaktur, dan konsumen dapat digambarkan seperti pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Skema Hubungan Supplier, Sistem Manufaktur, dan Konsumen

2.3 Formulasi Model

Tujuan dari model optimasi perencanaan safety stock terintegrasi yang dibahas adalah meminimumkan total ongkos yang terdiri dari ongkos keterlambatan pengiriman produk kepada konsumen (opportunity cost), ongkos karena memiliki persediaan material, dan ongkos karena memiliki persediaan produk.

Delivery performance material i dalam manufaktur (k_i) dapat didefinisikan sebagai:

$$k_i = \frac{q_i^* + x_i}{q_i} = p_i + \frac{x_i}{q_i} ; i = 1, \dots, n \tag{1}$$

sehingga ongkos persediaan material i (C_i) pada setiap periode adalah:

$$C_i = c_i x_i = c_i q_i (k_i - p_i) ; i = 1, \dots, n \tag{2}$$

Performansi pengiriman produk kepada konsumen (k_p) dapat didefinisikan sebagai:

$$k_p = p_m \prod_{i=1}^n k_i + \frac{x_p}{q_p} \tag{3}$$

sehingga ongkos persediaan produk (C_p) adalah:

$$C_p = c_p x_p = c_p q_p (k_p - p_m \prod_{i=1}^n k_i) \tag{4}$$

Opportunity cost pada setiap periode dapat didefinisikan sebagai:

$$C_o = c_o q_p (1 - k_p) \tag{5}$$

Dengan demikian model optimasi perencanaan safety stock terintegrasi dapat diformulasikan sebagai berikut:

$$\text{Minimumkan: } C = c_o q_p (1 - k_p) + \sum_{i=1}^n c_i q_i (k_i - p_i) + c_p q_p (k_p - p_m \prod_{i=1}^n k_i)$$

Berdasarkan pembatas:

$$k_i \leq 1 \quad ; i = 1, \dots, n$$

$$k_i \geq p_i \quad ; i = 1, \dots, n$$

$$k_p \leq 1$$

$$k_p \geq p_m \prod_{i=1}^n k_i \quad (6)$$

3. LANGKAH PENYELESAIAN

Model perencanaan safety stock yang diformulasikan di atas merupakan model optimasi non-linier yang tidak mudah untuk diselesaikan. Karena itu penyelesaian persoalan dilakukan dengan langkah-langkah berikut.

1. Tentukan besarnya *reference cost* (c_i^*) yang didefinisikan sebagai:

$$c_i^* = \frac{c_i \cdot q_i}{q_p p_m \prod_{j=i+1}^n p_j}$$

2. Urutkan *reference cost* dari kecil ke besar sehingga $c_i^* \leq c_{i+1}^*$; $i = 1, \dots, n-1$
3. Tetapkan *material delivery performance* (k_i) dan *product delivery performance* (k_p) berdasarkan ketentuan berikut:

Jika $c_i^* \leq c_p$ dan $c_o \leq c_i^*$ maka tetapkan $k_i = p_i$

Jika $c_i^* \leq c_p$ dan $c_o > c_i^*$ maka tetapkan $k_i = 1$

Jika $c_i^* > c_p$ maka tetapkan $k_i = p_i$

dan

Jika $c_o \leq c_p$ maka tetapkan $k_p = p_m \prod_{i=1}^n k_i$

Jika $c_o > c_p$ maka tetapkan $k_p = 1$

4. Tentukan *safety stock* untuk material (x_i) dan produk (x_p) berdasarkan ketentuan berikut:

Jika $c_i^* \leq c_p$ dan $c_o \leq c_i^*$ maka tetapkan $x_i = 0$

Jika $c_i^* \leq c_p$ dan $c_o > c_i^*$ maka tetapkan $x_i = q_i (1 - p_i)$

Jika $c_i^* > c_p$ maka tetapkan $x_i = 1$

dan

Jika $c_o \leq c_p$ maka tetapkan $x_p = 0$

Jika $c_o > c_p$ maka tetapkan $x_p = q_p (1 - p_m \prod_{i=1}^n k_i)$

4. CONTOH NUMERIK

Untuk memudahkan pemahaman materi yang dibahas, berikut ini disajikan sebuah contoh numerik dengan menggunakan data hipotetis.

4.1 Input Data

Input data yang diperlukan terdiri dari jenis material/supplier yang diperlukan untuk membuat produk, *supplier delivery performance*, *manufacturing performance*, kuantitas pemesanan, ongkos simpan per unit, serta *opportunity cost* per unit. Misalkan ada tiga jenis material yang diperlukan untuk membuat produk, masing-masing dipasok oleh satu supplier. Berdasarkan data masa lalu diketahui bahwa rasio kuantitas material yang dipesan terhadap kuantitas yang dikirim tepat waktu (*supplier delivery performance*, p_i) serta data ongkos simpan per unit (c_i) setiap material adalah seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Material

Material/Supplier	Kuantitas yang dipesan, q_i	p_i	c_i
1	1000	0,91	124
2	1000	0,88	180
3	2000	0,85	130

Misalkan ada empat konsumen yang masing-masing memesan 1000 unit produk, dan menetapkan besarnya denda keterlambatan per unit (*opportunity cost*, c_o) sebesar 178, 228, 280, dan 630. Ongkos simpan setiap unit produk (c_p) adalah 630. Berdasarkan catatan hasil produksi sebelumnya diketahui bahwa rasio hasil produksi yang selesai tepat waktu terhadap produksi yang direncanakan (*manufacturing performance*, p_m) adalah sebesar 0,93.

4.2 Penyelesaian

Dengan menggunakan input data di atas maka penyelesaian persoalan berdasarkan langkah-langkah yang diuraikan pada bagian 3 adalah sebagai berikut:

- a. *Reference cost*: $c_1^* = 178$; $c_2^* = 228$; dan $c_3^* = 280$
- b. Urutan: $c_1^* \leq c_2^*$ dan $c_2^* \leq c_3^*$
- c. *Material delivery performance* terhadap konsumen 1 (dengan $c_o = 178$) untuk masing-masing material adalah:
 - $k_1 = 0,91$ (karena $178 \leq 630$ dan $178 \leq 178$)
 - $k_2 = 0,88$ (karena $228 \leq 630$ dan $178 \leq 228$)
 - $k_3 = 0,85$ (karena $280 \leq 630$ dan $178 \leq 280$)
- d. *Product delivery performance* terhadap konsumen 1 adalah:
 - $k_p = 0,633$ (karena $178 \leq 630$)

e. *Safety stock* untuk material adalah $x_1 = 0$; $x_2 = 0$; dan $x_3 = 0$ sedangkan *safety stock* produk adalah $x_p = 0$. Dengan demikian total ongkos persediaan adalah 0.

f. *Opportunity cost* dari konsumen 1 adalah $C_o = 178 \times 1000 \times (1-0,633) = 65,32$

Dengan cara yang sama dapat dilakukan perhitungan untuk konsumen 2, 3, dan 4 sehingga diperoleh resume hasil perhitungan seperti pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Material

Material	Konsumen 1			Konsumen 2			Konsumen 3			Konsumen 4		
	k_i	x_i	C_i									
1	0,91	0	0	1,00	90	11,16	1,00	90	32,76	1,00	90	71,76
2	0,88	0		0,88	0		1,00	120		1,00	120	
3	0,85	0		0,85	0		0,85	0		1,00	300	

Tabel 2. Hasil Perhitungan Produk

Konsumen	Opportunity Cost / unit	Deliv.ery Performance	Inventory Cost	Opportunity Cost	Total Cost
1	178	0,633	0,00	65,32	65,32
2	228	0,696	11,16	69,39	80,55
3	280	0,791	32,76	58,66	91,42
4	630	0,930	71,76	44,10	115,86

Dengan memperhatikan besaran-besaran ongkos yang terlibat dan pengaruhnya terhadap besaran-besaran lain, berikut ini disajikan beberapa gambar yang relevan, seperti terlihat pada Lampiran.

5. RESUME

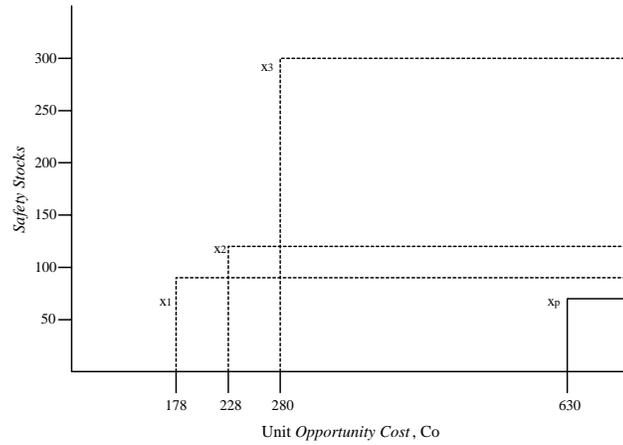
Suatu upaya telah dilakukan untuk meningkatkan efisiensi aktivitas dari suatu jaringan logistik yang melibatkan supplier, pabrik, dan konsumen. Dengan perencanaan yang terintegrasi maka fungsi logistik akan berjalan dengan lebih baik, sehingga bagian penting dari permasalahan yang ada pada sistem manufaktur dapat diatasi.

Model perencanaan terintegrasi yang dibahas pada makalah ini dapat digunakan untuk menentukan dalam kondisi bagaimana perusahaan harus menyimpan material dan produk agar total ongkos persediaan dan ongkos yang terjadi karena produk terlambat dikirimkan dapat diminimumkan.

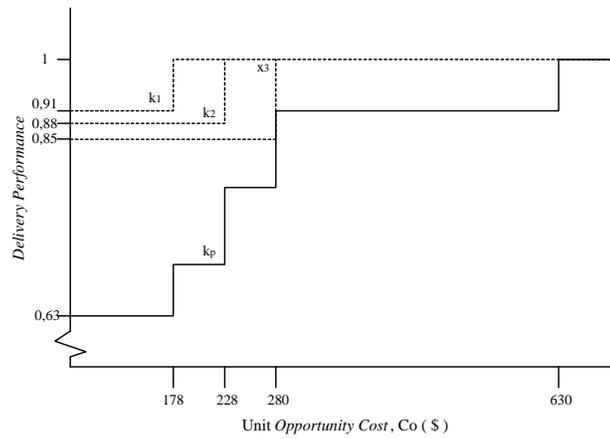
6. DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, J.R.Tony and Stephen N. Chapman: *Introduction to Materials Management*, Pearson Prentice Hall, 2004.
Heizer, Jay and Barry Render: *Operations Management*, Prentice Hall, 2001.

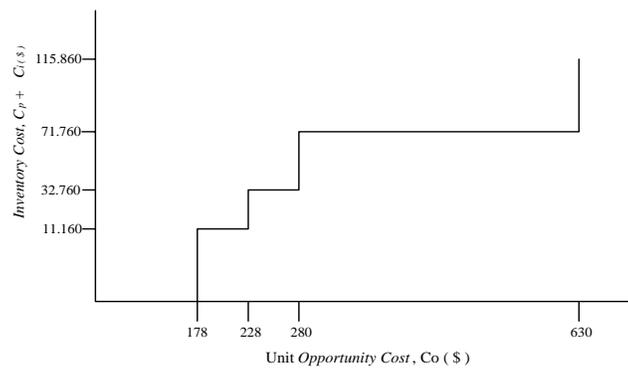
LAMPIRAN



Gambar 2. Hubungan Unit Opportunity Cost dengan Safety Stock



Gambar 3. Hubungan Opportunity Cost dengan Delivery Performance



Gambar 4. Hubungan Unit Opportunity Cost dengan Inventory Cost