

OPSI

JURNAL OPTIMASI SISTEM INDUSTRI

ISSN 1693-2102

Volume 9, Nomor 1, Juni 2016

PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU MEMPERTIMBANGKAN BACKORDER MENGGUNAKAN
METODE Q DENGAN KENDALA LUAS GUDANG UNTUK MEMINIMUMKAN BIAYA PERSEDIAAN
Agil Septian Library

ANALISIS PERFORMANSI DEPARTEMEN MACHINNING MENGGUNAKAN
METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)
Ahmad Muhsin

PENGEMBANGAN STRATEGI PEMESINAN BENTUK RONGGA SEGITIGA
UNTUK MENGURANGI WAKTU PEMESINAN
Mochammad Chaeron

IMPLEMENTASI *TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE* (TPM) DALAM PENERAPAN
OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)
Eko Nursubiyantoro

PENGENDALIAN PERSEDIAAN TABUNG GAS LPG UNTUK MEMINIMASI TOTAL BIAYA PERSEDIAAN
Gunawan Madyono Putro

PENENTUAN HARGA POKOK PRODUKSI (HPP) BERDASARKAN *JOB ORDER COSTING*
Irwan Soejanto

USULAN PERBAIKAN TINGKAT PENCAHAYAAN PADA RUANG PRODUKSI GUNA
PENINGKATAN OUTPUT PRODUK PEKERJA DENGAN PENDEKATAN TEKNIK TATA CARA KERJA
Shelfian Dumas Primadi

PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI SISTEM DINAMIS KESEIMBANGAN
JUMLAH *INPUT – OUTPUT* MAHASISWA
Yuli Dwi Astanti

OPSI

Volume 9

Nomor 1

Hlm. 1-77

Yogyakarta
Juni 2016

ISSN
1693-2102

DAFTAR ISI

- 1 - 15 Agil Septian Library
PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU
MEMPERTIMBANGKAN BACKORDER MENGGUNAKAN METODE Q
DENGAN KENDALA LUAS GUDANG UNTUK MEMINIMUMKAN
BIAYA PERSEDIAAN
- 16 - 23 Ahmad Muhsin
ANALISIS PERFORMANSI DEPARTEMEN MACHINNING
MENGGUNAKAN METODE OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENES
(OEE)
- 24 - 32 Eko Nursubiyantoro
IMPLEMENTASI TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)
DALAM PENERAPAN OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)
- 33 - 41 Gunawan Madyono Putro
PENGENDALIAN PERSEDIAAN TABUNG GAS LPG UNTUK
MEMINIMASI TOTAL BIAYA PERSEDIAAN
- 42 - 49 Irwan Soejanto
PENENTUAN HARGA POKOK PRODUKSI (HPP) BERDASARKAN JOB
ORDER COSTING
- 50 - 58 Mochammad Chaeron
PENGEMBANGAN STRATEGI PEMESINAN BENTUK RONGGA
SEGITIGA UNTUK MENGURANGI WAKTU PEMESINAN
- 59 - 68 Shelfian Dumas Primadi
USULAN PERBAIKAN TINGKAT PENCAHAYAAN PADA RUANG
PRODUKSI GUNA PENINGKATAN OUTPUT PRODUK PEKERJA
DENGAN PENDEKATAN TEKNIK TATA CARA KERJA
- 69 - 75 Yuli Dwi Astanti
PENGEMBANGAN MODEL SIMULASI SISTEM DINAMIS
KESEIMBANGAN JUMLAH INPUT – OUTPUT MAHASISWA

Redaksi menerima tulisan dari kalangan akademisi dan peneliti. Redaksi berhak mengubah tulisan tanpa mengurangi atau mengubah maksudnya. Pedoman penulisan tercantum pada bagian akhir jurnal ini. Tanggung jawab isi tulisan ada pada penulis sepenuhnya.

PENGENDALIAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU MEMPERTIMBANGKAN BACKORDER MENGGUNAKAN METODE Q DENGAN KENDALA LUAS GUDANG UNTUK MEMINIMUMKAN TOTAL BIAYA PERSEDIAAN

Agil Septian Library, Laila Nafisah, dan Gunawan Madyono Putro
Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Universitas pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta
Jl. Babarsari 2 Tambakbayan, Yogyakarta, 55281
Telp. (0274) 485363 Fak : (0274) 486256 email : jur_tiupn@telkom.net

ABSTRAK

PT. DINA AKRIMNA merupakan perusahaan yang memproduksi bata ringan jenis CLC (Cellular Lightweight Concrete). Permasalahan yang dihadapi perusahaan adalah sering terjadi perubahan permintaan produk secara tiba-tiba dari konsumen, oleh karena itu perlu pengendalian persediaan agar bahan baku tidak overstock maupun stockout terutama bahan baku semen dan foam agent. Namun kendala dari perusahaan adalah luas gudang yang terbatas, sehingga pemesanan bahan baku harus dilakukan dengan memperhatikan lot pemesanan terhadap luas gudang. Adanya permasalahan tersebut harus membuat perusahaan memperhitungkan total biaya persediaan dan banyaknya persediaan di gudang secara kontinyu agar mendapatkan hasil perhitungan yang benar, serta harus memesan kembali secara tepat sesuai dengan kebutuhan dan kapasitas dari gudang.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut digunakan metode Q (Continuous Review System) serta dengan metode pengali lagrange untuk membantu perhitungan terhadap kendala luas gudang. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kebijakan persediaan bahan baku semen dan foam agent sehingga dapat memenuhi permintaan yang probabilistik agar dapat meminimasi total biaya persediaan per tahun.

Hasil perhitungan untuk bahan baku semen yang optimal yaitu lot pemesanan 900 unit, periode pemesanan setiap 22 hari, serta total biaya persediaan yang ditimbulkan sebesar Rp 77.680.200. Sementara hasil perhitungan untuk bahan baku foam agent yang optimal yaitu lot pemesanan 14 unit, periode pemesanan setiap 44 hari, serta total biaya persediaan yang ditimbulkan sebesar Rp 4.784.950.

Kata Kunci: *continuous review system, backorder, kendala luas gudang, pengali lagrange,*

PENDAHULUAN

PT. DINA AKRIMNA merupakan perusahaan yang memproduksi bata ringan jenis *Cellular Lightweight Concrete (CLC)* yang membutuhkan bahan baku seperti pasir, semen, air dan *foam agent* sebagai campuran dalam adonan pembuatan bata ringan. Permasalahan yang dihadapi perusahaan ini adalah sering terjadi perubahan permintaan produk secara tiba-tiba dari *customer*, sehingga nantinya persediaan bahan baku di gudang akan mengalami perubahan secara tidak menentu dan dapat mengakibatkan kekurangan persediaan atau *stockout* terutama bahan baku semen dan *foam agent*. Selama ini jika terjadi *stockout*, maka perusahaan akan melakukan pemesanan secara mendadak ke *supplier*.

Kegiatan produksi dalam sebulan biasanya perusahaan mampu memproduksi bata ringan sampai 35.000 bata, dengan kebutuhan semen sekitar 1000 sak per bulan serta *foam agent* sekitar 200 liter per bulan. Jika permintaan *customer* lebih banyak, maka perusahaan harus memesan bahan baku lebih banyak lagi, namun jika terlalu banyak yang dipesan maka luas gudang yang tersedia tidak mencukupi. Hal ini akan membuat bahan baku di simpan

secara tidak benar, seperti menempatkan di luar gudang dan bisa berakibat rusaknya bahan baku. Selama ini perusahaan melakukan pemesanan bahan baku yang terlalu banyak sehingga dapat menimbulkan dampak yang merugikan bagi perusahaan. Banyaknya jumlah persediaan bahan baku yang di simpan dalam gudang akan membuat biaya simpan yang harus dikeluarkan perusahaan akan semakin besar.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka pada penelitian ini akan difokuskan pada bagaimana kebijakan yang harus diterapkan dalam pengendalian persediaan bahanbaku semen dan *foam agent* dengan pola permintaan yang bersifat probabilistik mempertimbangkan adanya *backorder* dan kendala luas gudang untuk meminimalkan total biaya persediaan. Sehingga tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kebijakan persediaan bahan baku semen dan *foam agent* sehingga dapat memenuhi permintaan yang probabilistik agar dapat meminimasi total biaya persediaan per tahun.

LANDASAN TEORI

Pengendalian persediaan adalah penentuan suatu kebijakan pemesanan dalam antrian, kapan bahan itu dipesan dan berapa banyak yang dipesan secara optimal untuk dapat memenuhi permintaan, atau dengan kata lain, pengendalian persediaan adalah suatu usaha atau kegiatan untuk menentukan tingkat optimal dengan biaya persediaan yang minimum sehingga perusahaan dapat berjalan lancar. Pengendalian produksi adalah suatu teknik untuk menjalankan suatu rencana dengan cara mengatur pengeluaran-pengeluaran, perintah-perintah kerja, pengawasan, pencatatan proses produksi sehingga dapat dibandingkan secara kontinyu dengan pelaksanaan sebelumnya (Handoko, 2000).

Menurut Sumayang (2003) biaya yang harus dipertimbangkan dalam pengadaan persediaan adalah biaya per unit, biaya pesan, biaya pengolahan persediaan, biaya resiko kerusakan dan kehilangan, dan biaya kekurangan persediaan. Masalah persediaan yang terjadi dalam suatu perusahaan dapat di selesaikan secara cepat menggunakan model persediaan yang sesuai dengan parameter permasalahannya. Dalam perusahaan terdapat dua jenis model persediaan, yaitu:

1. Model pengendalian deterministik.
2. Model pengendalian probabilistik atau stokastik.

Menurut Nasution (2003) penentuan perkiraan bahan baku untuk keperluan proses produksi di dasarkan pada tingkat permintaan konsumen pada tahun periode tertentu. Penentuan kebutuhan bahan baku harus di sertai dasar tingkat penggunaan bahan, yaitu berapa banyak dan jumlah jenis bahan baku yang digunakan untuk memproduksi satu unit produk akhir. Dengan demikian apabila data perencanaan sudah didapat, pihak manajemen perusahaan segera menyusun kebutuhan bahan baku untuk keperluan proses produksi.

Continuous Review System (Metode Q)

Sistem persediaan dengan jumlah pemesanan tetap, sedang jarak waktu pemesanan berubah-ubah, sistem ini biasa disebut sistem Q, atau *Continuous Review System* atau biasa juga disebut dengan *Continuous Review Fixed-Order Quantity* (FOQ) atau sistem jumlah pesanan tetap. Metode ini digunakan untuk mengantisipasi laju perubahan permintaan yang menjadi acak atau probabilistic (Sumayang, 2003).

Metode Q Kasus Backorder dengan Mempertimbangkan Luas Gudang

Model ini menunjukkan suatu kondisi dimana sistem persediaan multi item yang terdiri dari n buah item yang saling bebas satu sama lain (Ernawati, 2008) dan (Ismail, 2007). Jika Q

adalah kuantitas pemesanan item ke- i , maka kendala luas gudang persediaan mempunyai bentuk persamaan sebagai berikut :

$$\sum_{i=1}^n l_i Q_i \leq L ; l_1 Q_1 + l_2 Q_2 + \dots + l_n Q_n \leq L \dots \dots \dots (2.1)$$

Model Persediaan Tanpa Kendala

Prosedur untuk menyelesaikan masalah tanpa adanya kendala, yaitu dengan menghitung ukuran lot pemesanan optimal dengan menggunakan rumus Q :

$$Q_i = \sqrt{\frac{2D_i(A_i + P_i\eta(r_i))}{H}} ; i = 1, 2, 3, \dots, n \dots \dots \dots (2.2)$$

Untuk mendapatkan r optimal, maka:

$$F(r_i) = \frac{H_i Q_i}{P_i D_i} ; r_i = Z\alpha \cdot \sigma_L + \mu \dots \dots \dots (2.3)$$

Sehingga didapatkan harga r_i dengan menggunakan bantuan tabel distribusi normal. Nilai r_i kemudian disubstitusikan ke persamaan:

$$\eta(r_{i,j}) = \left\{ \left[(\mu_i - r_{i,j}) \Phi \left(\frac{r_{i,j} - \mu_i}{\sigma_i} \right) \right] + \sigma \Phi \left(\frac{r_{i,j} - \mu_i}{\sigma_i} \right) \right\} \dots \dots \dots (2.4)$$

Untuk iterasi berikutnya, substitusikan nilai $\eta(r_{i,j-1})$ ke persamaan (2.2) sehingga didapatkan nilai Q_i^*

Apabila Q di atas memenuhi kendala, maka :

$$l_i Q_i \leq L \dots \dots \dots (2.5)$$

Maka Q optimal dalam kasus ini dikatakan kendala tidak aktif (aman). Apabila kasus ini sebaliknya, terjadi dimana Q tidak memenuhi kendala maka dikatakan kendala menjadi aktif dan Q bukan lagi solusi optimal, sehingga untuk menentukan Q optimal digunakan teknik pengali *Lagrange*.

Model Persediaan Berkendala

Dalam mengatasi penentuan jumlah persediaan dengan kendala luas gudang, maka dibutuhkan teknik pengali *lagrange* seperti pada persamaan :

$$J = C_i D_i + A_i \frac{D_i}{Q_{i,j}} + (H_i \left[\frac{Q_i}{2} + r_{i,j} - \mu_i \right] + P_i \frac{D_i}{Q_i} \eta(r_{i,j-1})) + \theta(l_i Q_i - L) \dots \dots \dots (2.6)$$

$$J = J + \theta(l_i Q_i - L) \dots \dots \dots (2.7)$$

Parameter θ adalah suatu pengali *Lagrange*, selanjutnya himpunan solusi $Q_i = 1, 2, 3, \dots, n$ yang menghasilkan nilai biaya total minimal dengan memperhatikan kendala adalah solusi untuk sistem persamaan. Untuk minimasi ongkos total persediaan diturunkan terhadap Q dan r , dimana turunan pertama sama dengan nol.

$$\frac{\partial J}{\partial Q} = \frac{\partial J}{\partial r} = 0 \dots \dots \dots (2.8)$$

Sehingga didapatkan Q optimal :

$$Q_i = \sqrt{\frac{2D_i(A_i + P_i\eta(r_i))}{H_i + 2\theta_i}} \dots\dots\dots (2.9)$$

Untuk mendapatkan r optimal, maka :

$$F(r_i) = \frac{H_i Q_i}{P_i D_i}; r_i = Z\alpha.\sigma_L + \mu \dots\dots\dots (2.10)$$

Sehingga didapatkan harga r_i dengan menggunakan bantuan tabel distribusi normal. Nilai r_i kemudian disubsitusikan ke persamaan:

$$\eta(r_{i,j}) = \left\{ \left[(\mu_i - r_{i,j}) \Phi \left(\frac{r_{i,j} - \mu_i}{\sigma_i} \right) \right] + \sigma \Phi \left(\frac{r_{i,j} - \mu_i}{\sigma_i} \right) \right\} \dots\dots\dots (2.11)$$

Untuk iterasi berikutnya, subsitusikan nilai $\eta(r_{i,j-1})$ ke persamaan (2.9) sehingga didapatkan nilai Q_i^*

Total Biaya Persediaan per tahun

$$TC = \sum_{i=1}^n \left[C_i D_i + A_i \frac{D_i}{Q_{i,j}} + (H_i \left[\frac{Q_i}{2} + r_{i,j} - \mu_i \right] + P_i \frac{D_i}{Q_i} \eta(r_{i,j-1})) \right] \dots\dots\dots (2.12)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT. Dina Akrimna yang terletak di Balikpapan, Kalimantan Timur. Obyek yang diteliti merupakan bahan baku dari bata ringan yaitu semen dan *foam agent*. Adapun metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- 1) Studi literatur.
- 2) Observasi
- 3) Wawancara

Langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah penentuan ukuran lot dengan kebutuhan tidak tetap tanpa kendala luas gudang adalah sebagai berikut :

1. Hitung Q_i untuk mendapatkan lot pemesanan dengan menggunakan persamaan (2.2) dimana untuk $\eta(r_i) = 0$.
2. Subsitusikan Q_i untuk mengetahui peluang terjadinya kekurangan ke dalam persamaan (2.3).
3. Sehingga didapatkan harga r_i dengan menggunakan bantuan tabel distribusi normal. Nilai r_i kemudian disubsitusikan ke persamaan (2.4)
4. Untuk iterasi berikutnya, subsitusikan nilai $\eta(r_{i,j-1})$ ke persamaan (2.2) sehingga didapatkan nilai.
5. Cari nilai seperti langkah ke dua.
6. Lanjutkan perhitungan sampai nilai Q_i^* dan r_i tidak berubah.
7. Apabila perhitungan masih berkendala, maka dilanjutkan ke perhitungan dengan model kendala luas gudang.
8. Apabila tidak berkendala maka dilanjutkan langsung ke perhitungan total biaya persediaan minimum berdasarkan persamaan (2.12).

Adapun langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah penentuan ukuran lot dengan kebutuhan tidak tetap dengan kendala luas gudang adalah sebagai berikut :

1. Tentukan nilai awal $\theta > 0$ (*trial and error*).
2. Hitung Q_i untuk mendapatkan lot pemesanan dengan menggunakan persamaan (2.9) dimana untuk $\eta(r_i) = 0$.
3. Substitusikan Q_i untuk mengetahui peluang terjadinya kekurangan ke dalam persamaan (2.10)
4. Sehingga didapatkan harga r_i dengan menggunakan bantuan tabel distribusi normal. Nilai r_i disubstitusikan ke persamaan (2.11)
5. Untuk iterasi berikutnya, substitusikan nilai $\eta(r_{i,j-1})$ ke persamaan (2.9) sehingga didapatkan nilai Q_i^* .
6. Substitusikan lagi nilai $Q_{i,j}^*$ ke persamaan (2.10) sehingga diperoleh nilai $r_{i,j}^*$ dengan menggunakan tabel normal.
7. Ulangi langkah di atas sampai diperoleh nilai $r_{n,m+1} > r_{n,m}$ atau $r_{n,m+1} = r_{n,m}$ (*konvergen*).
8. Lanjutkan perhitungan sampai nilai Q_i^* dan r_i tidak berubah.
9. Menghitung total biaya persediaan minimum dengan menggunakan persamaan (2.6).

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Tabel 1. merupakan data historis permintaan tahunan dari bata ringan untuk periode Agustus 2014 - Juli 2015. Sedangkan tabel 4.2. menunjukkan biaya-biaya yang ditimbulkan berkaitan dengan pengadaan persediaan di PT. Dina Akrimna.

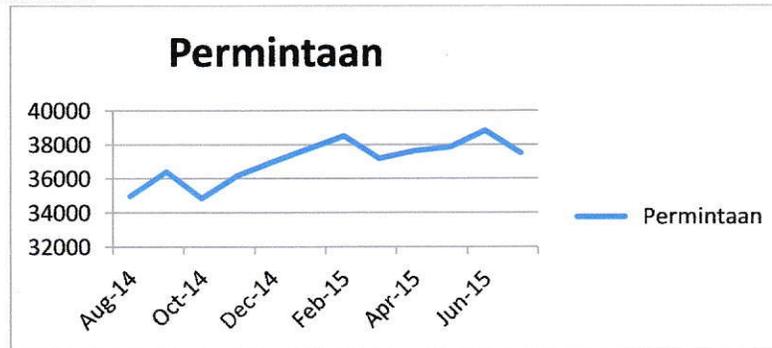
Tabel 1 Data Permintaan Bata Ringan

Bulan	Permintaan, unit
Agustus 2014	34.965
September 2014	36.408
Oktober 2014	34.854
November 2014	36.186
Desember 2014	36.963
Januari 2015	37.740
Februari 2015	38.517
Maret 2015	37.185
April 2015	37.629
Mei 2015	37.851
Juni 2015	38.850
Juli 2015	37.518
Total	444.666

Tabel 2 Biaya-biaya yang ditimbulkan

Bahan Baku	Biaya Pesan/sekali pesan	Biaya simpan/unit/tahun	Biaya <i>backorder</i>
Semen	Rp 80.000	Rp 1.625	Rp 30.500
<i>Foam Agent</i>	Rp 10.500	Rp 12.500	Rp 6.500

Berdasarkan plot data historis pada gambar 4.1 maka diketahui bahwa permintaan konsumen terhadap produk tersebut termasuk dalam jenis pola data trend. Besarnya tingkat kebutuhan bahan baku untuk periode mendatang dapat diperkirakan dari peramalan permintaan konsumen terhadap produk yang dihasilkan. Hasil peramalan permintaan produk dapat dilihat pada tabel 3.



Gambar 1 Pola Data Permintaan Produk

Tabel 3 Hasil Peramalan

Bulan	Permintaan, unit
Agustus	39.081
September	39.565
Oktober	40.049
November	40.532
Desember	41.016
Januari	41.499
Februari	41.983
Maret	42.467
April	42.950
Mei	43.434
Juni	43.917
Juli	44.401
Total	500.894

Data kebutuhan bahan baku untuk menghasilkan 1 unit bata dapat di lihat pada tabel 4 berikut:

Tabel 4 Kebutuhan Bahan Baku per Unit Bata

Bahan Baku	Kebutuhan
Semen	$50/35 = 1,43 \text{ kg}$
<i>Foam Agent</i>	$200/35 = 5,71 \text{ ml}$

Sehingga peramalan jumlah kebutuhan bahan baku dapat di lihat pada tabel 4.8 berikut:

Tabel 5 Peramalan Jumlah Kebutuhan Bahan Baku

Bulan	Jumlah Kebutuhan Bahan Baku	
	Semen 50 kg	<i>Foam Agent</i> 25 lt
Agustus	1.117	9
September	1.130	9
Oktober	1.144	9
November	1.158	9
Desember	1.172	9
Bulan	Semen 50 kg	<i>Foam Agent</i> 25 lt
Januari	1.186	9
Februari	1.200	10
Maret	1.213	10
April	1.227	10
Mei	1.241	10
Juni	1.255	10
Juli	1.269	10
Total (Σ)	14.311	114
Rata-rata (\bar{x})	1.193	10

Kapasitas Gudang Bahan Baku

Tabel 6 Kapasitas Gudang

Bahan Baku	Ukuran Unit (<i>d</i>)	Ukuran penyimpanan (<i>L</i>)
Semen	$0,9 \times 0,5 \times 0,15 = 0,0675 \text{ m}^3$	$9 \times 3 \times 2,55 = 68,85 \text{ m}^3$
<i>Foam Agent</i>	$0,34 \times 0,19 \times 0,38 = 0,0246 \text{ m}^3$	$1,07 \times 1,50 \times 0,76 = 1,22 \text{ m}^3$

Perhitungan Persediaan Semen Berdasarkan Metode Q (*Continuous Review System*)

Kasus Backorder

A. Perhitungan Tanpa Kendala Luas Gudang

- Total Permintaan (*D*) = 14.311
- Biaya pesan (*A*) = Rp. 80.000,-
- Biaya backorder (*P*) = Rp. 30.500,-

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya simpan}(H) &= \text{Rp. 1.625,-} \\
 \text{Lead time (LT)} &= 4 \text{ hari} = 0,01124 \text{ tahun} \\
 \text{Standar deviasi kebutuhan} &= s\sqrt{LT} = 49,82 (\sqrt{0,01124}) = 5,28 \\
 \text{selama lead time } (\sigma) & \\
 \text{Rata-rata tingkat} &= \text{D.LT} = 14.311 (0,01124) = 160,80 \\
 \text{permintaan selama lead time } (\mu) &
 \end{aligned}$$

1. Menghitung lot pemesanan:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2D(A+P\Pi(r))}{H}} = 1.187,05 \text{ unit} \approx 1.187 \text{ unit}$$

2. Menghitung probabilitas kekurangan persediaan:

$$F(r_0) = \frac{H*Q}{P*D} = 0,0044 \rightarrow Z_\alpha = 2,62$$

3. Menghitung nilai titik pemesanan kembali (*reorder point*):

$$r_0 = Z_\alpha \cdot \sigma_L + \mu = 174,63 \text{ unit} \approx 175 \text{ unit}$$

4. Menghitung ordinat kurva dibawah distribusi normal:

$$f(z) = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right] e^{-\frac{z^2}{2}} = 0,0129$$

5. Ekspektasi kekurangan persediaan:

$$\Pi(r_0) = \sigma \phi\left(\frac{r-\mu}{\sigma}\right) + (\mu-r)\Phi\left(\frac{r-\mu}{\sigma}\right) = 0,0072$$

Iterasi 1

1. Menghitung lot pemesanan:

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2D(A+P\Pi(r))}{H}} = 1.188,69 \text{ unit} \approx 1.189 \text{ unit}$$

2. Menghitung probabilitas kekurangan persediaan:

$$F(r_1) = \frac{H*Q}{P*D} = 0,0044 \rightarrow Z_\alpha = 2,62$$

3. Menghitung nilai titik pemesanan kembali (*reorder point*):

$$r_1 = Z_\alpha \cdot \sigma_L + \mu = 174,63 \text{ unit} \approx 175 \text{ unit}$$

4. Menghitung ordinat kurva dibawah distribusi normal:

$$f(z) = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right] e^{-\frac{z^2}{2}} = 0,0129$$

5. Menghitung ekspektasi kekurangan persediaan:

$$\Pi(r_1) = \sigma \phi\left(\frac{r-\mu}{\sigma}\right) + (\mu-r)\Phi\left(\frac{r-\mu}{\sigma}\right) = 0,0071$$

Iterasi 2

1. Menghitung lot pemesanan:

$$Q_2 = \sqrt{\frac{2D(A+P\Pi(r))}{H}} = 1.188,67 \text{ unit} \approx 1.189 \text{ unit}$$

2. Menghitung probabilitas kekurangan persediaan:

$$F(r_2) = \frac{H*Q}{P*D} = 0,0044 \rightarrow Z_\alpha = 2,62$$

3. Menghitung nilai titik pemesanan kembali (*reorder point*):

$$r_2 = Z_\alpha \cdot \sigma_L + \mu = 174,63 \text{ unit} \approx 175 \text{ unit}$$

4. Menghitung ordinat kurva dibawah distribusi normal:

$$f(z) = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right] e^{-\frac{z^2}{2}} = 0,0129$$

5. Menghitung ekspektasi kekurangan persediaan:

$$\Pi(r_2) = \sigma\theta\left(\frac{r-\mu}{\sigma}\right) + (\mu-r)\Phi\left(\frac{r-\mu}{\sigma}\right) = 0,0071$$

Karena nilai Q dan r telah sama dengan iterasi sebelumnya, maka perhitungan dinyatakan layak, sehingga iterasi dihentikan. Selanjutnya menentukan apakah nilai Q telah optimal terhadap kendala luas gudang.

$$l.Q = 0,0675 \times 1.189 = 80,24 \text{ m}^3. \text{ Dimana } l.Q > L \Rightarrow 80,24 \text{ m}^3 > 68,85 \text{ m}^3$$

Dari perhitungan diatas, Q tidak memenuhi kendala $l.Q \leq L$, maka dikatakan kendala menjadi aktif dan Q bukan lagi solusi optimal, sehingga untuk menentukan Q optimal dilanjutkan dengan perhitungan metode Q dengan kendala luas gudang.

B. Perhitungan Berkendala Luas Gudang

Total Permintaan (D)	= 14.311
Biaya pesan (A)	= Rp. 80.000,-
Biaya <i>backorder</i> (P)	= Rp. 30.500,-
Biaya simpan (H)	= Rp. 1.625,-
Lead time (LT)	= 4 hari = 0,01124 tahun
Standar deviasi kebutuhan selama lead time (σ)	= $s\sqrt{LT} = 49,82 (\sqrt{0,01124}) = 5,28$
Rata-rata tingkat permintaan selama lead time (μ)	= $D.LT = 14.311 (0,01124) = 160,80$
Luas gudang item ke- i (l)	= $0,0675 \text{ m}^3$
Pengali Lagrange (θ)	= 8938 (<i>trial and error</i>)

1. Menghitung lot pemesanan:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2D(A+P\Pi(r))}{H+2\theta l}} = 899,24 \text{ unit} \approx 900 \text{ unit}$$

2. Menghitung probabilitas kekurangan persediaan:

$$F(r_0) = \frac{H*Q}{P*D} = 0,0033 \Rightarrow Z_\alpha = 2,72$$

3. Menghitung nilai titik pemesanan kembali (*reorder point*):

$$r_0 = Z_\alpha \cdot \sigma_L + \mu = 175,16 \text{ unit} \approx 175 \text{ unit}$$

4. Menghitung ordinat kurva dibawah distribusi normal:

$$f(z) = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\right] e^{-\frac{z^2}{2}} = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\right] e^{-\frac{2,72^2}{2}} = 0,0099$$

5. Menghitung ekspektasi kekurangan persediaan:

$$\Pi(r_0) = \sigma\theta\left(\frac{r-\mu}{\sigma}\right) + (\mu-r)\Phi\left(\frac{r-\mu}{\sigma}\right) = 0,0044$$

Iterasi 1

1. Menghitung lot pemesanan:

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2D(A+P\Pi(r))}{H+2\theta l}} = 900 \text{ unit}$$

2. Menghitung probabilitas kekurangan persediaan:

$$F(r_1) = \frac{H*Q}{P*D} = 0,0033 \Rightarrow Z_\alpha = 2,72$$

Perhitungan Persediaan Foam Agent Berdasarkan Metode Q (Continuous Review System) Kasus Backorder

A. Perhitungan Tanpa Kendala Luas Gudang

Total Permintaan (D)	= 114,49
Biaya pesan (A)	= Rp. 10.500,-
Biaya backorder (P)	= Rp. 6.500,-
Biaya simpan(H)	= Rp. 12.500,-
Lead time (LT)	= 4 hari = 0,01124 tahun
Standar deviasi kebutuhan selama lead time (σ)	= $s \cdot \sqrt{LT} = 0,4 (\sqrt{0,01124}) = 0,042$
Rata-rata tingkat permintaan selama lead time (μ)	= $D \cdot LT = 114,49 (0,01124) = 1,29$

1. Menghitung lot pemesanan:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot (A + P \cdot Q)}{H}} = 13,87 \text{ unit} \approx 14 \text{ unit}$$

2. Menghitung probabilitas kekurangan persediaan:

$$F(r_0) = \frac{P \cdot Q}{A + P \cdot Q} = 0,2423 \rightarrow Z_\alpha = 0,70$$

3. Menghitung nilai titik pemesanan kembali (reorder point):

$$r_0 = Z_\alpha \cdot \sigma_L + \mu = 1,32 \text{ unit} \approx 1 \text{ unit}$$

4. Menghitung ordinat kurva dibawah distribusi normal:

$$f(z) = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right] e^{-\frac{z^2}{2}} = 0,3125$$

5. Ekspektasi kekurangan persediaan:

$$\Pi(r_0) = \sigma \phi\left(\frac{r_0 - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - r_0) \Phi\left(\frac{r_0 - \mu}{\sigma}\right) = 0,0060$$

Iterasi 1

1. Menghitung lot pemesanan:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot (A + P \cdot Q)}{H}} = 13,89 \text{ unit} \approx 14 \text{ unit}$$

2. Menghitung probabilitas kekurangan persediaan:

$$F(r_0) = \frac{P \cdot Q}{A + P \cdot Q} = 0,2427 \rightarrow Z_\alpha = 0,70$$

3. Menghitung nilai titik pemesanan kembali (reorder point):

$$r_0 = Z_\alpha \cdot \sigma_L + \mu = 1,32 \text{ unit} \approx 1 \text{ unit}$$

4. Menghitung ordinat kurva dibawah distribusi normal:

$$f(z) = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right] e^{-\frac{z^2}{2}} = 0,3128$$

5. Ekspektasi kekurangan persediaan:

$$\Pi(r_0) = \sigma \phi\left(\frac{r_0 - \mu}{\sigma}\right) + (\mu - r_0) \Phi\left(\frac{r_0 - \mu}{\sigma}\right) = 0,0061$$

Iterasi 2

1. Menghitung lot pemesanan:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot D \cdot (A + P \cdot Q)}{H}} = 13,89 \text{ unit} \approx 14 \text{ unit}$$

3. Menghitung nilai titik pemesanan kembali (*reorder point*):

$$r_1 = Z_{\alpha} \cdot \sigma_L + \mu = 175,16 \text{ unit} \approx 175 \text{ unit}$$

4. Menghitung ordinat kurva dibawah distribusi normal:

$$f(z) = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right] e^{-\frac{z^2}{2}} = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right] e^{-\frac{2,72^2}{2}} = 0,0099$$

5. Menghitung ekspektasi kekurangan persediaan:

$$\Pi(r_1) = \sigma \theta \left(\frac{r-\mu}{\sigma} \right) + (\mu-r) \Phi \left(\frac{r-\mu}{\sigma} \right) = 0,0043$$

Iterasi 2

1. Menghitung lot pemesanan:

$$Q_2 = \sqrt{\frac{2D(A+P\Pi(r))}{H+2\theta I}} = 899,99 \text{ unit} \approx 900 \text{ unit}$$

2. Menghitung probabilitas kekurangan persediaan:

$$F(r_2) = \frac{H \cdot Q}{P \cdot D} = 0,0033 \Rightarrow Z_{\alpha} = 2,72$$

3. Menghitung nilai titik pemesanan kembali (*reorder point*):

$$r_2 = Z_{\alpha} \cdot \sigma_L + \mu = 175,16 \text{ unit} \approx 175 \text{ unit}$$

4. Menghitung ordinat kurva dibawah distribusi normal:

$$f(z) = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right] e^{-\frac{z^2}{2}} = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right] e^{-\frac{2,72^2}{2}} = 0,0099$$

5. Menghitung ekspektasi kekurangan persediaan:

$$\Pi(r_2) = \sigma \theta \left(\frac{r-\mu}{\sigma} \right) + (\mu-r) \Phi \left(\frac{r-\mu}{\sigma} \right) = 0,0043$$

Karena nilai Q dan r telah sama dengan iterasi sebelumnya, maka perhitungan dinyatakan layak, sehingga iterasi dihentikan. Dalam perhitungan Q terhadap luas gudang:

$$l \cdot Q = 0.0675 \times 899,99 = 60,75 \text{ m}^3. \text{ Dimana } l \cdot Q \leq L \Rightarrow 60,75 \text{ m}^3 \leq 68,85 \text{ m}^3.$$

Q telah memenuhi kendala $l \cdot Q \leq L$, maka nilai Q merupakan solusi yang optimal.

Sehingga dapat dilanjutkan ke perhitungan selanjutnya.

6. Menghitung persediaan pengaman (*safety stock*):

$$SS = r - \mu + \Pi(r) = 14,36 \text{ unit} \approx 14 \text{ unit}$$

7. Menghitung interval pemesanan:

$$T = \frac{Q}{\square} = \frac{899,99}{14.311} = 0,063 \text{ tahun} \approx 22 \text{ hari}$$

8. Menghitung frekuensi pemesanan:

$$f = \frac{I}{Q} = 15,87 \approx 16 \text{ kali pemesanan per tahun}$$

C. Menghitung Total Biaya Persediaan

Menghitung total biaya persediaan minimum dengan kendala:

$$TC = C \cdot D + A \frac{Q}{\square} + H \left(\frac{Q}{2} + \square - \square \right) + P \left(\frac{Q}{\square} \right) \Pi(r) + \theta (l \cdot Q - L)$$

$$TC = 930.215.000 + 1.272.103 + 754.577 + 2.094 + 8938(0.0675 \times 899,99 - 68,85)$$

$$TC = 932.162.370,- \text{ per tahun} \approx 77.680.200 \text{ per bulan}$$

Jadi total biaya persediaan semen setelah dihitung dengan menggunakan metode Q dengan kendala luas gudang yaitu sebesar Rp 932.162.370,- per tahun atau Rp 77.680.200,- per bulan.

- Menghitung probabilitas kekurangan persediaan:

$$F(r_0) = \frac{\sigma \cdot Z_\alpha}{\sigma} = 0,2427 \rightarrow Z_\alpha = 0,70$$

- Menghitung nilai titik pemesanan kembali (*reorder point*):

$$r_0 = Z_\alpha \cdot \sigma_L + \mu = 1,32 \text{ unit} \approx 1 \text{ unit}$$

- Menghitung ordinat kurva dibawah distribusi normal:

$$f(z) = \left[\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \right] e^{-\frac{z^2}{2}} = 0,3128$$

- Ekspektasi kekurangan persediaan:

$$\Pi(r_0) = \sigma \phi\left(\frac{\sigma - r_0}{\sigma}\right) + (\mu - r_0) \Phi\left(\frac{\sigma - r_0}{\sigma}\right) = 0,0061$$

Karena nilai Q dan r telah sama dengan iterasi sebelumnya, maka perhitungan dinyatakan layak, sehingga iterasi dihentikan. Selanjutnya menentukan apakah nilai Q telah optimal terhadap kendala luas gudang.

$$l \cdot Q = 0.0246 \times 13,89 = 0,34 \text{ m}^3. \text{ Dimana } l \cdot Q \leq L \rightarrow 0,34 \text{ m}^3 \leq 1,22 \text{ m}^3$$

Dar iperhitungan diatas, Q telah memenuhi kendala $l \cdot Q \leq L$, maka kendala menjadi tidak aktif dan tidak perlu dilanjutkan dengan perhitungan metode Q dengan kendala luas gudang, serta hasil Q perhitungan diatas merupakan solusi optimal. Sehingga dapat dilanjutkan ke perhitungan selanjutnya.

- Menghitung persediaan pengaman (*safety stock*):

$$SS = r - \mu + \Pi(r) = 0,0361 \text{ unit}$$

- Menghitung interval pemesanan:

$$T = \frac{Q}{D} = 0,121 \text{ tahun} \approx 44 \text{ hari}$$

- Menghitung frekuensi pemesanan:

$$f = \frac{D}{Q} = 8,26 \approx 9 \text{ kali pemesanan per tahun}$$

B. Menghitung Total Biaya Persediaan

Menghitung total biaya persediaan minimum dengan kendala:

$$TC = C \cdot D + A \frac{D}{Q} + H \left(\frac{Q}{2} + \sigma - r \right) + P \left(\frac{Q}{\sigma} \right) \Pi(r)$$

$$TC = 57.245.000 + 86.524,15 + 87.203,94 + 311,79$$

$$TC = 57.419.040,- \text{ per tahun} \approx 4.784.920 \text{ per bulan}$$

Ringkasan hasil perhitungan semen tanpa kendala luas gudang dapat di lihat pada tabel 4.10 dibawah:

Tabel 7 Ringkasan Perhitungan Semen Tanpa Kendala

Bahan	Q	F(r)	Z _α	r	f(z)	Π(r ₀)	Iterasi
Semen	1.189	0,0044	2,62	175	0,0129	0,0071	2

Berdasarkan hasil perhitungan, lot pemesanan (Q) bukan merupakan solusi optimal karena nilai Q masih melebihi kapasitas dari luas gudang. Oleh karena itu perlu dilakukan perhitungan dengan metode Q dengan kendala luas gudang. Ringkasan hasil perhitungan semen dengan kendala dapat di lihat pada tabel 4.11 dibawah:

Tabel 8 Ringkasan Perhitungan Semen Berkendala

Bahan	Q	$F(r)$	Z_a	r	$f(z)$	$\Pi(r_0)$	Iterasi	SS	T	f	TC
Semen	900	0,0033	2,72	176	0,0099	0,0043	2	15	22	16	77.680.200

Hasil perhitungan di atas telah layak karena lot pemesanan (Q) telah memenuhi kendala dari luas gudang dan sesuai dengan kapasitas gudang.

Ringkasan hasil perhitungan *foam agent* tanpa kendala luas gudang dapat di lihat pada tabel dibawah:

Tabel 9 Ringkasan Perhitungan *Foam Agent* Tanpa Kendala

Bahan	Q	$F(r)$	Z_a	r	$f(z)$	$\Pi(r_0)$	Iterasi	SS	T	f	TC
<i>Foam Agent</i>	14	0,2427	0,70	2	0,3128	0,0061	2	1	44	9	4.784.920

Berdasarkan hasil perhitungan, lot pemesanan (Q) telah menjadi solusi optimal karena nilai Q tidak melebihi kapasitas dari luas gudang. Oleh karena itu tidak perlu dilanjutkan ke perhitungan dengan metode Q dengan kendala luas gudang.

Analisis Hasil

Hasil data setelah diplotkan untuk kebutuhan pengendalian persediaan produk bata ringancenderung berpola *trend*. Peramalan menggunakan WinQSB, sehingga akan diperoleh nilai MAD terkecil yaitu pada metode *Single Exponential Smoothing With Trend* (SES).

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *continuous review system* (Metode Q) kasus *backorder* tanpa kendala luas gudang. Didapatkan hasil untuk perhitungan bahan baku semen dengan iterasi terbaik diperoleh pada iterasi kedua. Lot pemesanan optimal (Q) sebesar 1.189 unit, *reorder point* (r) sebesar 175 unit. Namun dari perhitungan tersebut nilai dari Q masih melebihi kapasitas dari luas gudang. Sehingga perlu dilanjutkan dengan perhitungan dengan menggunakan kendala luas gudang.

Pada perhitungan dengan metode *continuous review system* (Metode Q) kasus *backorder* dengan kendala luas gudang. Didapatkan hasil untuk perhitungan bahan baku semen dengan iterasi terbaik diperoleh pada iterasi kedua. Lot pemesanan optimal (Q) sebesar 900 unit, *reorder point* (r) sebesar 176 unit, *safety stock* (SS) sebesar 15 unit, periode pemesanan (T) setiap 22 hari, frekuensi pemesanan (f) sebanyak 16 kali pemesanan setiap tahunnya, serta total biaya persediaan minimum (TC) sebesar Rp 77.680.200,-. Dari hasil perhitungan tersebut, nilai Q tidak melebihi kapasitas dari luas gudang, sehingga nilai Q sudah optimal dan layak.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan metode *continuous review system* (Metode Q) kasus *backorder* tanpa kendala luas gudang. Didapatkan hasil untuk perhitungan bahan baku *foam agent* dengan iterasi terbaik diperoleh pada iterasi kedua. Lot pemesanan optimal (Q) sebesar 14 unit, *reorder point* (r) sebesar 2 unit, *safety stock* (SS) sebesar 1 unit, periode pemesanan (T) setiap 44 hari, frekuensi pemesanan (f) sebanyak 9 kali pemesanan setiap tahunnya, serta total biaya persediaan minimum (TC) sebesar Rp 4.784.920,-. Karena lot pemesanan (Q) tidak melebihi kapasitas dari luas gudang, maka untuk perhitungan *foam agent* tidak perlu dilanjutkan ke perhitungan dengan menggunakan kendala luas gudang. Nilai Q pada perhitungan ini sudah optimal dan layak.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pengolahan data dan analisis hasil maka dapat diambil beberapa kesimpulan perbaikan dalam pengendalian persediaan semen dan *foam agent* yaitu: Lot pemesanan (Q) yang optimal semen sebanyak 900 unit, dan *foam agent* sebanyak 14 unit. Titik pemesanan kembali (r) yang optimal untuk semen sebanyak 176 unit, dan *foam agent* sebanyak 2 unit. Persediaan pengaman (SS) yang optimal untuk semen sebanyak 15 unit, dan *foam agent* sebanyak 1 unit. Total biaya persediaan minimum (TC) untuk semen sebesar Rp 77.680.200,- per bulan, dan *foam agent* sebesar Rp 4.784.920,- per bulan

SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disampaikan beberapa saran adalah:

1. Hasil penelitian ini dapat dijadikan sebagai masukan untuk perusahaan dalam merencanakan pengendalian persediaan bahan baku sehingga kegiatan produksi akan berjalan dengan baik.
2. Memperhatikan jumlah persediaan bahan baku di gudang harus dilakukan secara teliti dan berkala agar mengetahui jumlah pasti keadaan barang di gudang.
3. Lebih memperhatikan biaya yang timbul karena adanya kekurangan persediaan bahan baku sehingga pengendalian persediaan yang dilakukan perusahaan dapat berjalan dengan baik.
4. Perusahaan sebaiknya mempertimbangkan kebijakan menambah ruang kapasitas gudang sebagai solusi jangka panjang dalam permasalahan perusahaan.
5. Penelitian ini dapat lebih dikembangkan lagi untuk penelitian selanjutnya dengan kasus *leadtime* dan harga bahan baku yang berubah-ubah.

DAFTAR PUSTAKA

- Assauri, S., 1998, "*Manajemen Produksi dan Operasi*", Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta.
- Bahagia, S. N., 2006, "*Sistem Inventori*", ITB, Bandung.
- Baroto, T. 2002. "*Perencanaan dan Pengendalian Produksi*". Cetakan Pertama, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- Budi, A. 2006. "*Perencanaan dan Pengendalian Persediaan Bahan Baku Obat BTC Pada Permintaan Probabilistik Di PT. Tanabe Indonesia*", *Skripsi Teknik Industri*, Universitas Pasundan, Bandung.
- Budiawati, S., dkk, 2014 "*Penentuan Jumlah Pemesanan Optimal Bahan Baku Kain Dengan Kendala Anggaran*", *Jurnal Teknik Industri* Volume 02 No. 01, Hal 1-12, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Elsayed, E. A. dan Boucher. T. O., 1994, "*Analysis and Control of Production System, Second Edition, Prentice Hall Inc, Englewood Cliffs, New Jersey, USA*."
- Ernawati, Y., et al, 2008, "*Sistem Pengendalian Persediaan Model Probabilistik Dengan Back Order Policy*", *Jurnal Matematika* Volume XII No. 2, Hal 87-93, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Handoko, T., 2000, "*Dasar-dasar Manajemen Produksi dan Operasi*", BPFE, Yogyakarta.

- Heryanto, E., 1997, "*Manajemen Produksi dan Operasi*, PT. Gramedia Widiasarana Indonesia", Jakarta.
- Ismail, R., 2007, "*Analisis Pengendalian Persediaan Dengan Kendala Luas Gudang Bahan Baku*", *Skripsi Teknik Industri*, Universitas Pasundan, Bandung.
- Jauhari, W. A., 2008, "*Penentuan Model Persediaan Spare Part Dengan Mempertimbangkan Terjadinya Back Order*", *Jurnal Teknik Industri* Volume XI No.1 Hal 6-11, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya.
- Makridakis, S., Wheelwright, S.C., dan Mc Gee, V.E., 1999, "*Forecasting: Methods and Applications*", Edisi Kedua, Terjemahan Hari Suminto, Binarupa Aksara, Jakarta.
- Nasution, A. H., 2003, "*Perencanaan & Pengendalian Produksi*" Guna Widya, Surabaya.
- Romli, R. A., dkk, 2013, "*Rancangan Sistem Persediaan Bahan Baku Kain Pada Kondisi Demand Probabilistik dengan Kendala Luas Gudang*", *Jurnal Teknik Industri* Volume 01 No. 01, Hal 78-91, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Sumayang, L., 2003, "*Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*". Edisi Pertama. PT. Salemba Empat Patria, Jakarta
- Tersine, R. J., 1994, "*Principle Of Inventory and Materials Management*", *Fourth Edition*, New Jersey, Prentice-Hall International, Inc.
- Yamit, Z., 2005, "*Manajemen Operasi dan Produksi*", Edisi Kedua, Prima Printing, Surabaya.