

**PERENCANAAN PERSEDIAAN BAHAN BAKU DAN BAHAN BAKAR DENGAN
DYNAMIC LOT SIZING (Studi Kasus: PT Holcim Indonesia Tbk, Tuban Plant)**

***RAW MATERIAL AND FUEL INVENTORY PLANNING USING DYNAMIC LOT
SIZING MODEL (Case Study: Holcim Indonesia Tbk, Tuban Plant)***

Hildaria Kurnianingsih Wijayanti Mbota¹⁾, Ceria Farela Mada Tantrika²⁾, Agustina Eunike³⁾

Jurusan Teknik Industri, Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Malang, 65145, Indonesia

E-mail: hildaria.l sai@gmail.com¹⁾, ceria_fmt@ub.ac.id²⁾, agustina.eunike@ub.ac.id³⁾

Abstrak

PT. HI Tuban Plant merupakan pabrik baru, penetapan persediaan semen dilakukan oleh beberapa pihak, yaitu: pihak perencanaan produksi, pihak logistik dan pihak marketing. Penetapan kebijakan persediaan semen yang dilakukan oleh tiga pihak berbeda, menimbulkan fluktuasi jumlah persediaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan fluktuasi permintaan. Sehingga diperlukan hasil peramalan yang akurat dapat menjadi dasar perencanaan jumlah persediaan, jumlah semen yang diproduksi dan perencanaan kebutuhan bahan baku dan bahan bakar yang optimal. Dalam penelitian ini diusulkan peramalan dengan 3 metode yang akan dibandingkan yaitu: double exponential smoothing, winter's method additive dan winter's method multiplicative. Perbandingan akurasi hasil peramalan akan dilakukan dengan metode mean square error (MSE) dan mean average deviation (MAD). Setelah dilakukan pemilihan metode peramalan, dilakukan perhitungan safety stock sesuai kebijakan perusahaan. Data dari pemilihan metode peramalan dan perhitungan safety stock digunakan untuk melakukan perhitungan material requirement planning (MRP). Metode lot size yang digunakan dalam penelitian ini adalah Silver Meal dan Wagner Within yang disesuaikan dengan kapasitas gudang.

Kata kunci: perencanaan persediaan, bahan baku, bahan bakar dynamic lot sizing

1. Pendahuluan

Perencanaan jumlah persediaan yang akan dimiliki perusahaan merupakan salah satu masalah yang sering dihadapi perusahaan. Terutama ketika persediaan merupakan salah satu faktor penting yang dapat menunjang proses produksi perusahaan maupun membantu memenuhi permintaan pelanggan. Bagi perusahaan yang memiliki strategi *make to stock*, persediaan dapat memberikan dampak besar pada penetapan harga dari produk ataupun keuangan perusahaan (Sipper & Bulfin 1989). Manajemen persediaan yang tepat dapat menjadi salah satu kunci untuk meminimasi maupun mengoptimasi biaya yang akan dikeluarkan perusahaan (Tersine, 1994).

Salah satu perusahaan yang memerlukan penerapan strategi manajemen persediaan yang optimal adalah PT. Holcim Indonesia (PT. HI). Sebagai perusahaan semen dengan tingkat penjualan terbesar ketiga di Indonesia. PT. HI perlu mampu bersaing dengan industri semen lain secara optimal. Pada saat ini, PT. HI memiliki empat pabrik di Indonesia yaitu Pabrik Cibinong, Pabrik Cilacap, Pabrik Nargong dan Pabrik Tuban. Di antara keempat pabrik tersebut, PT. HI Tuban Plant merupakan

pabrik baru yang mulai beroperasi pada bulan Desember tahun 2013. Untuk menjaga citra perusahaan dimata pelanggan maupun pemegang saham, pabrik Tuban memiliki target kondisi pemenuhan permintaan pelanggan dengan *service level* 100% atau tidak ada *lost sales* maupun *backlog*. Dalam memenuhi target tersebut, pihak logistik mengeluarkan kebijakan menambah 4000 ton dari jumlah semen yang direncanakan untuk diproduksi. Antisipasi juga dilakukan oleh pihak perencanaan produksi, yaitu dengan mengatur jumlah semen yang diproduksi sesuai dengan *forecast* dari pihak pemasaran dengan memastikan ada 20% persediaan semen dari kapasitas silo penyimpanan di akhir bulan.

Hal ini menghasilkan *forecast* yang lebih besar dibandingkan dengan permintaan aktual sehingga memperbesar jumlah sisa hasil produksi yang harus disimpan dengan biaya tertentu. Biaya-biaya tersebut meliputi biaya pemindahan semen dari pabrik ke gudang, biaya penurunan semen di gudang (*inbound logistic*), biaya sewa gudang, dan biaya pemindahan dari silo (*outbound logistic*).

Peramalan yang kurang akurat dan penerapan kebijakan persediaan saat ini

berdampak pada persediaan semen, bahan baku dan bahan bakar. Selama ini, pabrik Tuban membuat kebijakan bahwa bahan baku akan dipesan pada saat kondisi persediaan bahan baku mencapai 50% dari kapasitas *stock pile* masing-masing bahan baku. Selanjutnya, bahan baku akan dipesan sejumlah sisa *space* penyimpanan di *stock pile* bahan baku tersebut dengan pertimbangan untuk menghindari keterlambatan bahan baku ketika akan melakukan proses produksi.

Dalam penelitian ini diusulkan peramalan dengan 3 metode yang akan dibandingkan yaitu: *double exponential smoothing*, *winter's method additive* dan *winter's method multiplicative* yang dinilai sesuai dengan pola data pada permintaan. Sedangkan untuk perencanaan kebutuhan material (*lot sizing*) pada MRP akan dihitung menggunakan dua metode yang akan dibandingkan yaitu: *silver meal algorithm* dan *wagner-within algorithm*. Pertimbangan pemilihan kedua metode tersebut adalah metode *silver meal algorithm* dapat memberikan nilai biaya lokal optimum pada setiap pembelian ulang bahan baku, dan pada periode waktu yang panjang memiliki kemungkinan untuk memberikan biaya yang lebih rendah, sedangkan metode *wagner-within algorithm* dapat memberikan solusi optimum yang dapat digunakan untuk menentukan biaya yang paling minimum (Tersine, 1994).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dibagi menjadi 5 tahap, yaitu identifikasi awal, pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan pembahasan serta kesimpulan dan saran.

2.1 Tahap Identifikasi Awal

Tahap identifikasi awal dibagi menjadi beberapa langkah berikut.

1. Pengamatan pendahuluan
2. Studi pustaka
3. Identifikasi masalah
4. Perumusan masalah
5. Penentuan tujuan penelitian

2.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahapan ini merupakan tahap untuk mengumpulkan data yang dibutuhkan dalam penelitian. Pengumpulan data dapat dilakukan sebagai berikut:

- a. Data sekunder berupa: profil dan struktur organisasi PT. HI Tuban Plant, kebijakan persediaan semen maupun bahan baku

maupun bahan bakar, dan alur proses produksi dan proses pemesanan bahan baku maupun bahan bakar.

- b. Data primer berupa: data historis permintaan semen di PT. HI, Tuban Plant selama 10 bulan terakhir, data historis permintaan semen di target pasar yang telah ditetapkan untuk PT. HI Tuban Plant selama 3 tahun terakhir, kapasitas penyimpanan semen maupun bahan baku dan bahan bakar, biaya pengadaan serta biaya penyimpanan bahan baku maupun bahan bakar dan biaya produksi semen, data historis jadwal kedatangan bahan baku dan bahan bakar, kapasitas penyimpanan produk semen maupun bahan baku dan bahan bakar.

2.3 Tahap Pengolahan Data

Merupakan tahapan setelah memperoleh semua data yang dibutuhkan pada penelitian ini. Pengolahan data dilakukan berdasarkan tujuan penelitian dan sesuai dengan literatur yang digunakan. Tahapan pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini sebagai berikut:

- a. Menganalisis adanya pola tertentu pada data historis permintaan pada semen GU di pasar PT. Holcim Indonesia Tbk, Tuban Plant selama 3 tahun terakhir.
- b. Melakukan peramalan permintaan untuk periode satu tahun kedepan berdasarkan kondisi data historis permintaan yang dimiliki perusahaan. Pada dasarnya peramalan merupakan suatu cara untuk memprediksikan apa yang akan terjadi di masa mendatang. Peramalan adalah proses untuk memperkirakan beberapa kebutuhan di masa datang yang meliputi kebutuhan dalam ukuran kuantitas, kualitas, waktu dan lokasi yang dibutuhkan dalam rangka memenuhi permintaan barang ataupun jasa. Peramalan permintaan akan dibutuhkan pada saat kondisi pasar bersifat dinamis dan kompleks (Nasution & Prasetyawan, 2008). Pada dasarnya terdapat tiga kelas dari peramalan yaitu: kualitatif, peramalan kausal, dan *time series* (Sipper & Bulfin, 1998). Peramalan kualitatif merupakan peramalan berdasarkan pendapat ahli ataupun hasil diskusi perseorangan. Peramalan *causal* merupakan peramalan yang berdasarkan keterkaitan permintaan produk terhadap variabel tertentu, seperti besarnya permintaan berdasarkan besarnya usaha

- pemasaran produk. Peramalan *time series* adalah peramalan yang berdasarkan pada data historis untuk mendapatkan peramalan di masa mendatang.
- c. Mengukur keakuratan hasil peramalan menggunakan 3 metode pengukuran akurasi peramalan yaitu: MAD, MSE, dan, *Tracking Signal* sehingga dapat dianalisa mana hasil peramalan yang memiliki nilai *error* terkecil dan yang dapat digunakan sebagai dasar untuk perencanaan kebutuhan bahan baku dan bahan bakar.
 - d. Membuat *Master Production Scheduling* digunakan untuk menghitung jumlah produk yang akan diproduksi dan kapan akan diproduksi.
 - e. Menghitung *safety stock* untuk memenuhi permintaan yang bersifat probabilistik dan menyesuaikan dengan kondisi *service level* yang diharapkan perusahaan baik untuk bahan baku maupun semen jadi.
 - f. Membuat *Bahan baku dan bahan bakar Requirement Planning (MRP)* dengan input dari MPS dan BOM *tree* dan dilakukan perhitungan *lot sizing* menggunakan metode *silver meal* dan *wagner within algorithm*.
 - g. Melakukan perbandingan perhitungan biaya yang dibutuhkan antara penetapan kondisi pemesanan bahan baku sebanyak 50% yang dilakukan perusahaan dan metode yang dilakukan pada penelitian ini.
 - h. Menghitung total biaya yang diperlukan.

2.4 Tahap Analisis Dan Pembahasan

Melakukan analisis dan pembahasan perencanaan kebutuhan bahan baku dan bahan bakar yang telah dibuat dan membandingkan biaya yang dari biaya historis perusahaan.

2.5 Tahap Kesimpulan Dan Saran

Membuat kesimpulan berdasarkan hasil dari keseluruhan tahap yang dilakukan pada penelitian ini sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan pada awal penelitian. Saran diberikan untuk perkembangan perusahaan di masa mendatang.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Peramalan

Peramalan dilakukan menggunakan 3 metode yaitu: DES, *winters method additive* dan *winters method multiplicative*. Ketiga metode tersebut sesuai yang dikemukakan oleh (Tuner, Mize, Case & Nazemetz ,1993). Sedangkan perhitungan akurasi peramalan

dilakukan dengan tiga metode yaitu: MAD, MSE dan *tracking signal*. Hasil peramalan yang akan dipilih adalah hasil peramalan dengan MSE terkecil, karena MSE lebih menitikberatkan pada satu *error* yang paling besar (Stellwagen, 2011).

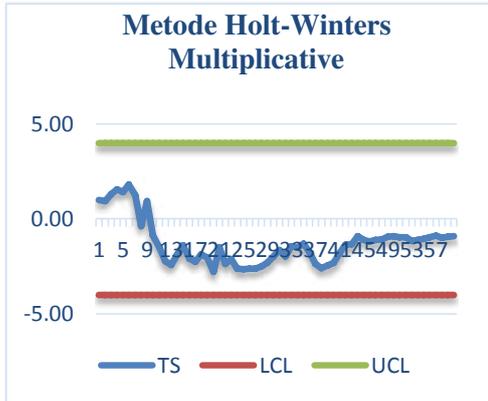
Tabel 1. Perbandingan *Error*

Metode Peramalan	MAD	MSE
<i>Double Exponential Smoothing</i>	11.75	
<i>Winters Method Additive</i>	1.004	52.462.922
<i>Winters Method Multiplicative</i>	190	1.467.993.2
	20.55	
	6	22.108.210
	65.92	1.094.714.2
Perusahaan	4	65

Tabel 2. Hasil Peramalan Permintaan *Winters Multiplicative*

Periode	Forecast
Oktober 2014	33012
November 2014	31623
Desember 2014	31280
Januari 2015	28655
Februari 2015	27960
Maret 2015	29192
April 2015	29223
Mei 2015	32698
Juni 2015	31850
Juli 2015	30787
Agustus 2015	29308
Oktober 2015	29376
November 2015	28678
Desember 2015	28189

Berdasarkan Tabel 1. dapat dilihat bahwa nilai MSE terkecil adalah dari hasil peramalan menggunakan metode *winters multiplicative*. Sehingga hasil peramalan yang terpilih untuk 15 periode ke depan yaitu menggunakan metode *holt winters multiplicative* pada Tabel 2. Sedangkan hasil pengujian *tracking signal* pada Gambar 1 menunjukkan bahwa hasil peramalan dengan *holt winters multiplicative* masih berada dalam batas kontrol (-4 dan 4).



Gambar 1. Grafik *Tracking Signal* *Winters Multiplicative*

3.2 Safety Stock (SS)

Perhitungan SS dilakukan berdasarkan *Service level* yang telah ditetapkan PT. HI Tuban Tuban Plant adalah 100%. nilai z untuk 100% adalah 3,63 (lihat tabel z) dan hasil perhitungan standar deviasi untuk data permintaan selama tahun 2011-2014 dan data peramalan adalah 10657. Maka perhitungan *safety stock* setiap bulan untuk produk semen GU adalah sebagai berikut:

$$SS_{produk} = z \times \sigma \quad (\text{pers.1})$$

$$SS_{produk} = 3,63 \times 10.657$$

$$SS_{produk} = 38.685$$

Jumlah *safety stock* semen GU untuk setiap bulan adalah 38.685 ton semen. Hasil dari perhitungan *safety stock* ini akan dijadikan dasar untuk perencanaan persediaan semen maupun bahan baku.

3.3 Master Production Schedule (MPS)

Dengan langkah-langkah pembuatan MPS sebagai berikut:

1. Menambahkan hasil perhitungan *safety stock* dengan hasil peramalan. Untuk bulan oktober 2014 sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{kebutuhan} &= \text{forecast} + \text{safety stock} (\text{pers.2}) \\ &= 33.012 + 38.685 \\ &= 71697 \end{aligned}$$

2. Perhitungan kebutuhan produk semen GU setiap minggu, dimana untuk minggu pertama di bulan Oktober 2014 masih terdapat *stock* dari bulan September sehingga kebutuhan untuk bulan Oktober 2014 dibagi dengan 3, dan untuk bulan selanjutnya akan dibagi dengan 4 (sesuai jumlah minggu).
3. Penentuan *demand time fence* dan *forecast time fence*, karena pada produk semen merupakan tipe produk *make to stock* maka waktu *demand time fence* dan *forecast time*

fencesama.

4. Perhitungan *projected available balance* yang akan menunjukkan jumlah sisa persediaan semen pada setiap minggu.
5. Perhitungan *planned orders* yang merupakan hasil penyesuaian antara kapasitas perusahaan dengan kebutuhan semen pada setiap minggu. Karena kapasitas per hari merupakan kelipatan 4000 ton, maka jumlah *planned order* akan disesuaikan dengan kelipatan kapasitas dan kebutuhan.

3.4 Perhitungan Material Requirement Planning (MRP)

Material requirement planning (MRP) merupakan teknik yang digunakan untuk merencanakan kebutuhan komponen maupun bahan baku yang dibutuhkan sesuai dengan MPS (Smith, 1989). Perhitungan MRP memiliki langkah-langkah sebagai berikut untuk bahan baku pertama yaitu Klinker.

1. Perhitungan *Gross Requirements* (GR)
Perhitungan *Gross Requirements* klinker untuk bulan Oktober periode pertama dilakukan sebagai berikut

$$\begin{aligned} \text{Gross requirement} &= \text{planned orders MPS periode 1} \times \\ &\quad \text{presentase klinker} \quad (\text{pers.3}) \\ &= 12000 \times 82\% = 9840 \end{aligned}$$

2. Perhitungan *Scheduled Receipts* (SR)
Karena tidak terdapat produksi klinker maka *scheduled receipts* diisi dengan nol (0).

3. Perhitungan *Projected-on-hand* (POH)
Berikut merupakan contoh perhitungan POH untuk klinker periode 1:

$$\begin{aligned} POH &= \text{stock bulan sebelumnya} - GR + SR \quad (\text{pers.4}) \\ POH &= 24071 - 9840 + 0 \\ POH &= 14231 \end{aligned}$$

4. Perhitungan *Net Requirements* (NR)
Berikut merupakan contoh perhitungan NR untuk klinker periode 1:

$$NR = \max\{0, GR - \max(0, POH \text{ sebelumnya} - SR)\} \quad (\text{pers.5})$$

$$NR = \max\{0, 9840 - 24071 - 0\}$$

$$NR = 0$$

5. Perhitungan *Planned Order Receipts*
Karena hasil perhitungan NR untuk klinker pada periode pertama 0 (tidak ada), maka tidak diperlukan perhitungan *planned order receipts*. Apabila dibutuhkan perhitungan, maka nilai *planned order receipts* sama dengan NR atau hasil perhitungan *lot sizing*.

6. Perhitungan *Planned Order Release*
 Perhitungan untuk *planned order release* sama dengan hasil perhitungan *planned order receipts* yang akan disesuaikan dengan *lead time* masing-masing bahan baku.

Berdasarkan langkah-langkah yang telah dijelaskan di atas, *net requirements* untuk melakukan perhitungan *lot sizing* dapat dilihat pada Lampiran 1.

3.5 Lot Size

3.5.1 Silver-Meal Algorithm

Perhitungan *lot sizing* yang pertama dilakukan adalah menggunakan Silver-Meal dengan mempertimbangkan kapasitas gudang. Berikut langkah perhitungan algoritma Silver-Meal (Tersine, 1994).

1. Menghitung ukuran lot pertama yang dimulai dari periode T.
 Ukuran lot = kebutuhan (*net requirement*) pada periode T, kemudian hitung biaya pesan dan biaya simpan pada periode tersebut (apabila ada biaya simpan). Setelah dihitung biaya totalnya kemudian dikalikan dengan 1 dibagi urutan periode tersebut (jika lot tersebut urutan pertama maka dikalikan $\frac{1}{1}$ apabila lot tersebut urutan kedua maka dikalikan $\frac{1}{2}$)
2. Untuk ukuran lot yang kedua, kebutuhan dari periode berikutnya ditambahkan ke ukuran lot pertama kemudian dihitung ongkos total per periodenya. Setelah ongkos total periode tersebut dihitung, akan dikalikan dengan $\frac{1}{2}$, karena merupakan urutan lot kedua.
3. Bandingkan ongkos total per periode sekarang dengan yang sebelumnya, jika $TRC(L) \leq TRC(L-1)$ serta ukuran lot \leq kapasitas gudang kembali ke langkah kedua dan $TRC(L) > TRC(L-1)$ dan jika tidak maka kembali ke langkah pertama.
4. Apabila $T = L$, jika akhir dari horizon perencanaan telah dicapai, maka algoritma dapat dihentikan atau apabila tidak makan kembali ke langkah pertama.

Sehingga berdasarkan langkah-langkah yang telah dijabarkan di atas, dapat dilakukan perhitungan untuk *gypsum* sebagai berikut.

Biaya pesan = Rp. 1.058.935
 Biaya simpan = Rp. 49/ton/minggu
 Kapasitas Gudang = 16.000 ton

Kombinasi periode 11 (periode pertama dalam lot)

Lot Size = 596 ton
 Biaya pesan = Rp. 1.058.935
 Biaya simpan = Rp.49
 Total biaya = Rp. 1.960.000 + Rp.49 × 596 ton
 = Rp. 1.088.139

Koefisien 1 = $\frac{1}{1}$
 nilai silver meal = total biaya × koefisien 1
 = Rp. 1.088.139 × $\frac{1}{1}$ = Rp. 1.088.139

Sedangkan untuk periode 11 dan 12 (periode selanjutnya)

Lot Size = 596 ton + 512 ton = 1108
 Biaya pesan = Rp. 1.058.935
 Biaya simpan = Rp.49 × 596 ton + Rp.49 × 512 × 2
 = Rp. 79.830
 Total biaya = Rp. 1.138.315

Koefisien 2 = $\frac{1}{2}$
 nilai silver meal = total biaya × koefisien 1 (pers.6)
 = Rp. 1.138.315 × $\frac{1}{2}$ = Rp. 569.158

Setelah menghitung kombinasi biaya periode 11 dan kombinasi periode 11 dengan 12, akan dilakukan perbandingan antara total biaya per periode untuk setiap kombinasi. Karena total biaya kombinasi periode 11 dan 12 \leq total biaya per periode untuk periode 11 saja atau Rp 569.158 \leq Rp 1.088.139 dan kapasitas gudang periode 1 dan 2 \leq kapasitas gudang atau 1.108 \leq 16.000. Perhitungan akan diulang kembali untuk kombinasi periode yang lainnya sampai menemukan hasil optimal atau rata-rata biaya per periode terkecil melebihi kapasitas gudang.

3.5.2 Wagner-Within Algorithm

Metode yang dapat memberikan nilai optimal untuk permasalahan permintaan ataupun *lot sizing* yang bersifat dinamis sesuai dengan horizon periode tertentu. Metode ini menggunakan pendekatan program dinamis untuk mencari solusi yang optimal (Tersine, 1994). Berikut langkah untuk algoritma wagner-within.

1. Menghitung jumlah biaya variabel untuk setiap kemungkinan alternatif pemesanan pada jangka waktu tertentu dengan N periode, yang termasuk dalam total biaya variabel adalah biaya pesan dan biaya penyimpanan dengan rumus sebagai berikut:

$$Z_{ce} = C + hP \sum_{i=c}^e (Q_{ce} - Q_{ci}) \text{ untuk } 1 \leq c \leq e \leq N \quad (\text{pers.7})$$

Untuk periode pertama dalam lot untuk *gypsum* dihitung sebagai berikut:

$$Z_{11-11} = \text{Rp. 1.058.935} + \text{Rp. 49}$$

$$= \text{Rp. } 1.058.935$$

Sedangkan untuk kombinasi periode pertama dan periode kedua dihitung sebagai berikut:

$$Z_{11-12} = \text{Rp. } 1.058.935 + \text{Rp. } 49((1108 - 596) + (1108 - 1108)) = \text{Rp. } 1.084.023$$

- Mendefinisikan bahwa nilai f_e untuk menjadi biaya paling minimum yang dapat diperoleh pada periode pertama melalui e dengan kondisi bahwa jumlah persediaan pada akhir periode e adalah nol. Sehingga, algoritma ini akan mulai dengan $f_0 = 0$ dan akan menghitung nilai f_N dengan dari f_0 . Sedangkan nilai f_e akan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$f_e = \text{Min}(Z_{ce} + f_{c-1}) \quad (\text{pers.8})$$

untuk $c = 1, 2, \dots, e$

$$f_1 = \text{Min}(Z_{11-11} + f_{1-1}) = (Z_{11} + f_0) \\ = \text{Rp. } 1.058.935 + 0 \\ = \text{Rp. } 1.058.935$$

$$f_2 = \text{Min}(Z_{11-12} + f_{2-1}) = (Z_{12-11} + f_1) \\ = \text{Rp. } 1.058.935 \\ + \text{Rp. } 1.058.935 \\ = \text{Rp. } 2.117.870$$

- Mencari solusi optimal f_N dengan algoritma untuk menghitung jumlah yang akan dipesan secara *backward* dengan mencari minimal dari setiap kolom yang dapat memenuhi periode yang berada dalam baris yang sama. Apabila pada suatu periode memiliki nilai f_N minimum yang sama maka dibuat alternatif dengan cara perhitungan yang sama kemudian dibandingkan biaya yang paling minimum. Dapat dilihat contoh hasil perhitungan untuk *gypsum* pada Tabel 3.

Dari Tabel 3 dapat dilihat nilai f_N yang memberikan biaya minimum. Karena nilai f_N yang pertama berdasarkan prosedur *backward* terdapat di periode ke 60, dengan baris 51. Maka titik pemesanan pertama secara *backward* adalah di periode 51 sampai memenuhi permintaan di periode 60. Begitu pula untuk f_{50} maka dicari baris yang dapat memenuhi pesanan minimum di period ke 50 yaitu Z_{50-39} sehingga pemesanan ulang dilakukan dari periode 39 sampai dengan 50.

Tabel 3 Perhitungan Nilai f_N

f_N	Biaya (Rp)
F_{60}	Rp. 1.999.735
F_{50}	Rp. 2.231.799
F_{40}	Rp. 2.031.095
F_{31}	Rp. 2.275.703
F_{21}	Rp. 2.470.135

3.6 Perbandingan Biaya

Perbandingan metode dilakukan untuk mencari metode yang dapat memberikan biaya optimum sehingga dapat digunakan untuk melakukan perencanaan persediaan bahan baku dan bahan bakar yang optimal. Total biaya yang dihitung disini hanya biaya simpan dan biaya pemesanan, tidak termasuk biaya per unit. Hasil perbandingan biaya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Perbandingan Biaya

Nama Bahan	Total Biaya (Rupiah)				
	Perusahaan	Silver-Meal		Wagner-Whitin	
		Biaya	Persen Penghematan	Biaya	Persen Penghematan
<i>Gypsum</i>	24.441.493	12.485.470	49%	11.008.467	55%
<i>Limestone additive</i>	83.588.388	46.453.808	44%	41.747.750	50%
<i>Pozzolan</i>	42.991.255	26.628.114	38%	15.528.123	64%
<i>Limestone</i>	190.466.883	99.016.245	48%	118.844.863	38%
<i>HG Limestone</i>	71.379.771	41.517.999	42%	37.224.980	48%
<i>Shale</i>	68.452.444	52.538.918	23%	45.257.045	34%
<i>Silica</i>	49.085.559	15.593.238	68%	14.861.597	70%
<i>Iron Sand</i>	42.676.374	8.164.550	81%	7.091.273	83%
<i>IDO</i>	96.310.673	42.679.869	56%	40.597.225	58%
<i>Coal</i>	42.676.374	57.937.433	-36%	41.475.284	3%
TOTAL	750.633.214	416.690.763		386.913.007	

3.7 Pembuatan MRP dengan Lot Size Terpilih

Berdasarkan langkah pembuatan MRP yang telah dijabarkan pada poin 4-3-3, maka pembuatan MRP dengan menambahkan hasil perhitungan *lot sizing* dan penyesuaian dengan *lead time* untuk *gypsum*. Untuk *gypsum* diperoleh bahwa perhitungan biaya yang terendah berdasarkan algoritma Wagner-Whitin, sehingga hasil dari algoritma tersebut yang akan menjadi dasar penentuan *lot*. MRP dengan *lot sizing* dan penyesuaian *lead time* untuk *gypsum* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. MRP Gypsum Dengan Lot Size Terpilih

		Oct-14				Nov-14			
	PD	1	2	3	4	5	6	7	8
Gross requirement		384	768	768	512	512	640	640	512
Scheduled receipts		0	0	0	0	0	0	0	0
Project on hand	5804	5420	4652	3884	3372	2860	2220	1580	1068
Net requirement		0	0	0	0	0	0	0	0
Planned order receipts		0	0	0	0	0	0	0	0
Planned order releases		0	0	0	0	0	0	0	0
		Dec-14				Jan-15			
	PD	9	10	11	12	13	14	15	16
Gross requirement		512	512	640	512	512	512	512	640
Scheduled receipts		0	0	0	0	0	0	0	0
Project on hand	5804	556	44	5248	4736	4224	3712	3200	2560
Net requirement		0	0	596	512	512	512	512	640
Planned order receipts		0		5844					
Planned order releases		0	5844						
		Feb-15				Mar-15			
	PD	17	18	19	20	21	22	23	24
Gross requirement		512	512	512	512	512	640	512	512
Scheduled receipts		0	0	0	0	0	0	0	0
Project on hand	5804	2048	1536	1024	512	0	4992	4480	3968
Net requirement		512	512	512	512	512	640	512	512
Planned order receipts							5632		
Planned order releases						5632			
		Apr-15				May-15			
	PD	25	26	27	28	29	30	31	32
Gross requirement		640	512	512	640	512	640	512	512
Scheduled receipts		0	0	0	0	0	0	0	0
Project on hand	5804	3328	2816	2304	1664	1152	512	0	4480
Net requirement		640	512	512	640	512	640	512	512
Planned order receipts									4992
Planned order releases								4992	
		Jun-15				Jul-15			
	PD	33	34	35	36	37	38	39	40
Gross requirement		640	512	512	640	512	640	512	512
Scheduled receipts		0	0	0	0	0	0	0	0
Project on hand	5804	3840	3328	2816	2176	1664	1024	512	0
Net requirement		640	512	512	640	512	640	512	512
Planned order receipts									
Planned order releases									5376

Tabel 5. MRP *Gypsum* Dengan *Lot Size* Terpilih (Lanjutan)

		Aug-15				Sep-15			
	PD	41	42	43	44	45	46	47	48
Gross requirement		640	512	512	512	512	512	512	640
Scheduled receipts		0	0	0	0	0	0	0	0
Project on hand	5804	4736	4224	3712	3200	2688	2176	1664	1024
Net requirement		640	512	512	512	512	512	512	640
Planned order receipts		5376							
Planned order releases									
		Oct-15				Nov-15			
	PD	49	50	51	52	53	54	55	56
Gross requirement		512	512	512	640	512	512	512	640
Scheduled receipts		0	0	0	0	0	0	0	0
Project on hand	5804	512	0	4352	3712	3200	2688	2176	1536
Net requirement		512	512	512	640	512	512	512	640
Planned order receipts				4864					
Planned order releases			4864						
		Dec-15							
	PD	57	58	59	60				
Gross requirement		512	512	512	0				
Scheduled receipts		0	0	0	0				
Project on hand	5804	1024	512	0	0				
Net requirement		512	512	512	0				
Planned order receipts									
Planned order releases									

3.8 Pembuatan Mini Form MRP

Dengan kompleksitas yang tinggi dari perencanaan persediaan dengan menggunakan peramalan sampai MRP, maka diperlukan alat bantu yang dapat mempermudah PT. HI Tuban Plant untuk menggunakan metode pada penelitian ini.

Alat bantu yang digunakan pada penelitian ini berupa *mini form* MRP yang dapat mencari dan menampilkan: hasil peramalan kebutuhan semen, hasil perencanaan MPS dan MRP masing-masing bahan baku dan bahan bakar. *Mini form* MRP ini dapat mencari dan menampilkan hasil perhitungan dengan mengintegrasikan masing-masing lembar kerja pada Microsoft Excel penelitian ini. Setelah mengintegrasikan masing-masing lembar kerja, setiap tombol perintah yang terdapat pada *mini form* MRP dapat memanggil hasil dari setiap *cell* yang telah diatur dengan Visual Basic for Application sesuai tampilan yang di *mini form* MRP. Apabila perhitungan tidak diubah, maka hasil yang ditampilkan akan tetap sama.

Mini Form MRP ini belum mampu mengubah hasil perhitungan apabila angka diubah sehingga perusahaan perlu mengembangkan lagi dan mengintegrasikan dengan SAP. Hasil penggunaan *mini MRP* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Hasil Tampilan *Mini Form* MRP

3.9 Pembahasan

Pembahasan mengenai langkah dan hasil pada setiap tahapan dalam penelitian. Pembahasan dimulai dari langkah dan hasil dari

tahapan peramalan, perhitungan *safety stock*, perhitungan MPS, proses MRP mulai dari penentuan *Gross Requirement*, *Lot Sizing*, hingga *mini form* MRP. Pada penelitian ini setelah melakukan pengumpulan data permintaan akan dilakukan proses analisa pola data permintaan. Analisa pola data permintaan dilakukan dengan dua cara yaitu pengujian stationeritas dan pengujian autokorelasi untuk menentukan pola data sebagai dasar dari penentuan metode peramalan.

Berdasarkan pengujian stationeritas yang memiliki fluktuasi stasioner dapat disimpulkan bahwa data sesuai dengan kondisi peramalan *time series*. Berdasarkan pengujian autokorelasi diperoleh hasil bahwa terdapat pola *trend* dan *seasonal* pada data permintaan. Peramalan pada penelitian ini dilakukan menggunakan metode *double exponential smoothing*, *winter's method additive* dan *winter's method multiplicative*. Metode *double exponential smoothing* digunakan karena dapat memberikan hasil optimal pada data yang memiliki kecenderungan *trend* tinggi, sedangkan *winter's method* digunakan karena data memiliki pola *trend*, *seasonal* dengan mempertimbangkan kecenderungan *randomness* data (pola acak yang mungkin terdapat pada data).

Setelah dilakukan peramalan, akan diukur akurasi hasil peramalan dengan 3 metode yaitu *tracking signal*, MAD dan MSE. Penggunaan MAD dan MSE dibandingkan MAPE, dikarenakan hasil perhitungan MAPE hanya mengacu pada presentase dari MAD. Sedangkan MFE hanya melihat apakah data hasil peramalan cenderung *underforecast* atau *overforecast* yang dapat digantikan dengan *tracking signal*. Dari perbandingan nilai MAD dan MSE yang akan dipilih adalah MSE terendah karena MSE lebih baik dalam membobotkan kesalahan lebih besar pada *error* yang lebih besar dibandingkan MAD yang lebih mengkompensasi *error* besar pada suatu periode.

Setelah dilakukan perhitungan peramalan, dilakukan perhitungan *safety stock* yang bertujuan untuk memberikan persediaan pengaman agar tidak terjadi kekurangan pada saat terjadi kenaikan permintaan yang tinggi. Perhitungan *safety stock* dilakukan berdasarkan kondisi distribusi data. Data permintaan pada penelitian ini setelah dilakukan pengujian distribusi merupakan data berdistribusi normal. Dengan tingkat *service level* PT. HI Tuban Plant sebesar 100%, dan standar deviasi permintaan

selama 57 bulan, maka perhitungan *safety stock* sebesar 38.685 ton ditambahkan untuk setiap bulan perencanaan. Perhitungan standar deviasi mengacu pada rumus perhitungan standar deviasi untuk populasi (nilai n sama dengan jumlah data).

Pada MPS kebutuhan semen disesuaikan berdasarkan kapasitas produksi semen di PT. HI Tuban Plant yaitu 4000 ton per hari dengan jumlah optimal hari kerja mesin produksi 22 hari. MPS telah disesuaikan dengan kondisi produksi sehingga jumlah semen yang direncanakan di MPS selalu kelipatan 4000 ton. Setelah pembuatan MPS dilakukan perhitungan MRP untuk menghitung kebutuhan bahan baku dan bahan bakar sesuai dengan BOM *tree*. Setelah dilakukan perhitungan MRP diketahui *gross requirement* dan *net requirement* untuk masing-masing bahan baku dan bahan bakar. *Gross requirement* akan menunjukkan hasil perhitungan kebutuhan berdasarkan hasil MPS dan penyesuaian dengan BOM *tree* tanpa mempertimbangkan persediaan di periode (dalam minggu) sebelumnya, sedangkan *net requirement* merupakan kebutuhan bersih yang diperoleh dari mengurangi kebutuhan kotor dengan persediaan di minggu sebelumnya.

Kebutuhan bersih yang diperoleh digunakan untuk melakukan perhitungan *lot sizing* menggunakan 3 metode yaitu Silver-Meal, Wagner-Whitin, dan perhitungan menggunakan metode perusahaan. Dari hasil perhitungan total biaya, diketahui bahwa biaya minimum untuk semua jenis bahan baku dan bahan bakar selain *Limestone* diperoleh dengan menggunakan metode Wagner-Whitin. Perbedaan biaya masing-masing metode dipengaruhi oleh jumlah *reorder point* dan rentang waktu penyimpanan yang terjadi selama rentang waktu perencanaan. Perubahan biaya berdasarkan hasil penelitian ini dibandingkan dengan metode perusahaan dipengaruhi beberapa kondisi: jumlah persediaan yang direncanakan, dan jumlah titik pemesanan ulang dalam periode perencanaan.

Untuk *Limestone*, diperoleh lot size dengan biaya minimum dari hasil perhitungan menggunakan metode Silver-Meal. Hal ini disebabkan kondisi *reorder point* lebih sedikit dibandingkan dengan metode Wagner-Whitin. Metode Silver-Meal lebih cocok digunakan untuk *Limestone* karena permintaan *Limestone* lebih *lumpy* dibandingkan dengan bahan baku maupun bahan bakar lain. Permintaan *lumpy* merupakan kondisi permintaan yang memiliki

perubahan drastis selama rentang waktu perencanaan dengan fluktuasi yang tinggi. Hasil ini sesuai dengan pernyataan Tersine (1994) yang menyebutkan bahwa metode Wagner-Whitin lebih sesuai untuk kondisi permintaan dinamis yang tidak *lumpy*.

Penghematan yang dapat dilakukan perusahaan secara keseluruhan dengan perencanaan kebutuhan bahan baku dan bahan bakar pada penelitian ini dibandingkan dengan metode perusahaan sebesar

$$\text{Total persentase biaya} - \left(\frac{\text{total biaya pada penelitian ini}}{\text{total biaya dengan metode perusahaan}} \times 100\% \right) \text{ (pers.8)}$$
$$100\% - \left(\frac{\text{Rp } 373.636.607}{\text{Rp } 712.069.214} * 100\% \right) = 47,53\%.$$

Penghematan tersebut dihasilkan dari penghematan biaya penyimpanan dan pemesanan, tidak meliputi biaya per unit. Selanjutnya, untuk keperluan aplikasi di perusahaan dibuat form berbasis Macro Excel. Namun pada penelitian ini, Macro Excel hanya dibuat sebatas *user interface*. Pembuatan *form userface* MRP dapat membantu dalam melihat kebutuhan perusahaan sesuai dengan periode yang dapat diintegrasikan dengan SAP PT. HI Tuban Plant. *Form user interface* yang dibuat pada penelitian hanya sampai pada tahap menampilkan dan mencari tanpa mengubah kebutuhan, sehingga perusahaan perlu mengembangkan *form user interface* ini sesuai dengan SAP.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka berikut ini akan dipaparkan kesimpulan dari hasil penelitian.

1. Setelah melakukan peramalan kebutuhan semen diperoleh hasil kebutuhan semen yang optimal berdasarkan metode peramalan *holt winter's multiplicative* yang dapat memberikan nilai MSE terendah. Hasil peramalan kebutuhan semen yang dilakukan pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan yang dilakukan perusahaan dan telah disesuaikan dengan kapasitas produksi perusahaan. Berdasarkan penelitian ini, nilai MSE menggunakan metode peramalan *holt winter's multiplicative* sebesar 22.108.210 lebih rendah dibandingkan nilai MSE hasil perencanaan perusahaan sebesar 1.094.714.265. Sehingga metode yang digunakan di penelitian ini dirasa lebih

baik dibandingkan dengan metode perusahaan.

2. Hasil perencanaan kebutuhan bahan baku dan bahan bakar yang dilakukan pada penelitian ini dapat meminimasi biaya yang dikeluarkan perusahaan dari segi biaya persediaan. Dengan demikian hasil dari penelitian ini dapat digunakan untuk membantu membuat kebijakan perusahaan pada tahun 2015. Total penghematan yang dapat dilakukan menggunakan metode *lot sizing* dari setiap bahan baku dan bakar adalah 47,53% dibandingkan dengan metode perusahaan.

Daftar Pustaka

- Nasution Arman Hakim dan Prasetyawan Yudha. 2008. *Perencanaan & Pengendalian Produksi*. Surabaya: Graha Ilmu.
- Sipper, Daniel dan Bulfin, Robert L. (1998). *Production: Planning, Control and Integration, International Edition*. United States of America: The McGraw-Hill Companies, Inc.
- Smith, Spencer B. (1989). *Computer Based Production, Inventory and Control*. United States of America: Prentice-Hall.
- Stellwagen, Eric. (2011). *Tracking Accuracy: An Essential Step to Improve Forecasting Process*. United States of America: Business, Forecast System, Inc.
- Tersine, Richard J. (1994). *Principles of Inventory and Material Management, Fourth Edition*. United States of America: Prentice Hall International Edition.
- Tuner, Mize, Case dan Nazemetz. (1993). *Introduction to Industrial System and Engineering, Third Edition*. United States of America: Prentice Hall.

JURNAL REKAYASA DAN MANAJEMEN SISTEM INDUSTRI VOL. 3 NO. 1
TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Lamporan 1. Hasil Perhitungan Kebutuhan Bersih Bahan Baku dan Bahan Bakar

Periode	Klinker	Gypsum	Limestone Additive	Pozzolan	Limestone	HG Limestone	Shale	Silica	Iron Sand	IDO	Coal
1	0	0	882	0	0	0	0	0	0	0	0
2	5449	0	1872	632	3685	415	1211	104	0	0	0
3	19680	0	1872	1680	13308	1498	4375	376	0	0	0
4	13120	0	1248	1120	8872	998	2917	251	0	0	0
5	13120	0	1248	1120	8872	998	2917	251	0	0	0
6	16400	0	1560	1400	11090	1248	3646	313	0	0	2187
7	16400	0	1560	1400	11090	1248	3646	313	0	0	3280
8	13120	0	1248	1120	8872	998	2917	251	0	0	2624
9	13120	0	1248	1120	8872	998	2917	251	0	0	2624
10	13120	0	1248	1120	8872	998	2917	251	0	0	2624
11	16400	596	1560	1400	11090	1248	3646	313	0	0	3280
12	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	0	2414	2624
13	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	0	37433	2624
14	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	74	37433	2624
15	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
16	16400	640	1560	1400	11090	1248	3646	313	103	46791	3280
17	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
18	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
19	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
20	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
22	16400	640	1560	1400	11090	1248	3646	313	103	46791	3280
23	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
24	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
25	16400	640	1560	1400	11090	1248	3646	313	103	46791	3280
26	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
27	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
28	16400	640	1560	1400	11090	1248	3646	313	103	46791	3280
29	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
30	16400	640	1560	1400	11090	1248	3646	313	103	46791	3280
31	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
32	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
33	16400	640	1560	1400	11090	1248	3646	313	103	46791	3280
34	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
35	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
36	16400	640	1560	1400	11090	1248	3646	313	103	46791	3280
37	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
38	16400	640	1560	1400	11090	1248	3646	313	103	46791	3280
39	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
40	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
41	16400	640	1560	1400	11090	1248	3646	313	103	46791	3280
42	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
43	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
44	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
45	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
46	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
47	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
48	16400	640	1560	1400	11090	1248	3646	313	103	46791	3280
49	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
50	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
51	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
52	16400	640	1560	1400	11090	1248	3646	313	103	46791	3280
53	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
54	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
55	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624
56	16400	640	1560	1400	11090	1248	3646	313	103	46791	3280
57	13120	512	1248	1120	8872	998	2917	251	83	37433	2624