

OPTIMISASI TINGKAT PERSEDIAAN BAHAN BAKU BATU KAPUR DI PT SEMEN INDONESIA UNIT TUBAN I

Ratnanto Fitriadi^{1*}, Wahyu Yoga Utama²

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. Jend. A Yani Tromol Pos 1 Pabelan, Surakarta 57102.

*Email: ratnanto_fitriadi@ums.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan melakukan optimisasi terhadap tingkat persediaan batu kapur untuk menghindari berhentinya proses produksi di PT Semen Indonesia. PT Semen Indonesia (Persero) Tbk (dahulu PT Semen Gresik (Persero) Tbk) adalah pabrik semen yang terbesar di Indonesia dengan kapasitas 28,5 juta ton/tahun (tahun 2013). Hal ini membuat kebutuhan akan bahan baku semen yang mayoritas (80%) adalah batu kapur akan meningkat juga. Suplai batu kapur di PT Semen Indonesia di suplai oleh anak perusahaannya yang beroperasi di tambang yaitu UTSG (United Tractor Semen Gresik). Secara garis besar, sistem produksi semen dibagi ke dalam 5 tahapan utama yaitu tahap penyiapan bahan baku, penggilingan bahan baku, pembakaran, penggilingan akhir, dan pengemasan. Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah dengan mengumpulkan data permintaan semen dari tahun 2011-2012 untuk melihat trend (pola data) tersebut. Selanjutnya dilakukan metode peramalan permintaan untuk tahun 2013 dengan memperhatikan pola data dan MAD (mean absolute deviation) terkecilnya. Dari hasil peramalan kemudian dilakukan verifikasi untuk melihat apakah fungsi peramalan yang digunakan sudah mewakili pola data yang ada atau tidak, dan juga pengujian out of control agar dapat diketahui apakah proses verifikasi sudah terkendali atau belum. Hasil peramalan tersebut dijadikan input kebutuhan batu kapur (dari UTSG sebagai suppliernya). Jika terjadi kekurangan akibatnya proses produksi terhenti, sebaliknya jika kelebihan persediaan maka biaya simpan akan meningkat (mengingat proses pemenuhan bahan baku harus ditransfer dari lokasi tambang dan kapasitas maksimal UTSG). Ada 2 skenario untuk melakukan optimisasi pemenuhan bahan baku yaitu dipesan sesuai peramalan dan dipesan dengan menambahkan 5% dari kebutuhan, dimana setiap skenario mempunyai tradeoff apabila terpenuhi dan apabila kurang (tidak terpenuhi). Hasil optimisasi menunjukkan bahwa dengan penambahan pemesanan sebesar 5% lebih menguntungkan dari segi biaya, dan ada syarat tambahan yaitu harus dilakukan evaluasi setiap 6 bulan sekali sehingga biaya optimum adalah sebesar Rp 2.793.808.000,-. Tetapi adanya fluktuasi permintaan dan kapasitas suplai bahan baku maka masih perlu dilakukan pendekatan yang lebih smooth terhadap tingkat pemenuhan UTSG di masa datang.

Kata kunci: biaya, optimisasi, persediaan, semen indonesia

1. PENDAHULUAN

Tidak dapat dipungkiri bahwa sistem persaingan yang semakin kompetitif mengharuskan perusahaan, pelaku bisnis dan dunia industri untuk semakin efisien dan produktif. Industri jasa maupun manufaktur mengalami hal yang sama walaupun mungkin dengan persoalan yang berbeda. Efisiensi produksi di industri manufaktur sudah harus dimulai dari perencanaan sistem persediaan yang optimal. Beberapa penelitian terkait hal itu diantaranya Dina (2013) melakukan optimalisasi persediaan lateks sebagai bahan baku *crumb rubber* menggunakan metode *lot sizing* telah merekomendasikan besarnya ukuran pemesanan dan total biayanya untuk tiap periode, tingkat *safety stock* dan *reorder point* untuk sistem persediaannya. Sistem persediaan juga mempertimbangkan faktor *deteriorating* pada material yang mudah pecah/rusak seperti kaca, ceramic, gypsum dan material lainnya. Mehdi et al. (2014) memaparkan model solusi optimasi terkait tingkat kerusakan karena volume dan jumlah sediaan dengan beberapa skenario.

Sistem persediaan yang cukup unik lainnya adalah pada industri konveksi yang biasanya akan mengalami produksi puncak pada saat hari raya Idul Fitri. Arlisa (2011) melakukan optimasi sistem persediaan multi-item dengan pendekatan algoritma genetika pada bidang *retail fashion and shoes*, hasilnya ternyata selisih biaya total persediaan yang sangat besar dikarenakan adanya dana

berhenti akibat perusahaan membeli sediaan setiap dua minggu sekali (pada 1-2 bulan sebelum hari raya Idul Fitri).

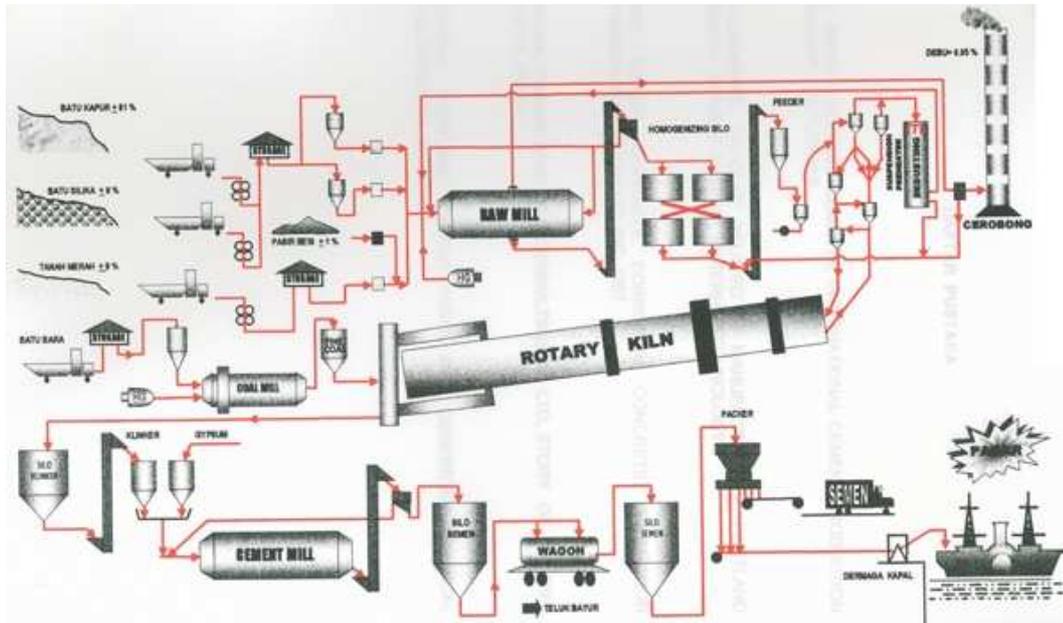
PT. Semen Indonesia memproduksi berbagai jenis semen. Semen utama yang diproduksi adalah semen Portland. Di samping itu, juga memproduksi berbagai tipe khusus dan semen campur (*mixed cement*), untuk penggunaan yang terbatas. Semen Portland Tipe I dan PPC tersedia di pasar retail, sementara jenis lainnya hanya diproduksi berdasarkan pesanan dalam jumlah tertentu. Produk-produk tersebut dipasarkan terutama untuk kebutuhan pasar dalam negeri dan sebagian lainnya diekspor. Sebagian besar produk dipasarkan dalam bentuk kemasan zak, sedangkan selebihnya dalam bentuk curah.

Dalam proses pembuatan semen, kesiapan bahan baku utama seperti batu kapur merupakan hal yang sangat penting dimana jika bahan yang ada di alam tersebut belum ditambang maka proses akan berhenti. Permasalahan yang ada di dalam perusahaan ini adalah batu kapur yang digunakan sebagai bahan baku utama pembuatan semen harus ditambang terlebih dahulu dari alam. Untuk itulah permasalahan khusus yang diangkat dalam penelitian ini adalah ketersediaan bahan baku dimana untuk batu kapur sendiri sebagai bahan utama pembuatan semen diperlukan komposisi sebesar 80%. Sehingga apabila kebutuhannya tidak terpenuhi maka proses produksi akan berhenti dan berakibat pada tidak terpenuhinya permintaan. Suplai batu kapur di PT Semen Indonesia disuplai oleh anak perusahaannya yang beroperasi di tambang yaitu UTSG (*United Tractor Semen Gresik*). Penelitian ini ingin mengoptimisasi sistem persediaan bahan baku batu kapur untuk menghindari *out of stock* dan pemborosan biaya karena persediaan berlebih.

2. METODOLOGI

Penelitian ini diawali dengan:

1. Mengidentifikasi sistem dan proses produksi semen untuk mengetahui karakteristik kebutuhan ketersediaan bahan baku.



Gambar 1. Bagan Pembuatan Semen

Secara garis besar, sistem produksi semen pada umumnya dibagi ke dalam 5 tahapan utama yang bisa dilihat seperti pada gambar 1. diatas dengan keterangan sebagai berikut :

- a. Tahap penyiapan bahan baku

Proses pembuatan semen bermula dengan pengambilan batu kapur di lokasi tambang sekitar pabrik. Kemudian batu kapur yang telah diangkut menggunakan truk tersebut dihancurkan dengan menggunakan mesin pemecah batu kapur atau yang biasa di sebut dengan *chruser*. Di tempat lain, tanah liat ditambang dan diangkut ke lokasi pabrik dengan menggunakan alat transportasi. Setelah tanah liat

dan batu kapur dihancurkan maka kedua bahan baku tersebut dicampurkan, kemudian di tampung di tempat penyimpanan sementara pasir silika dan pasir besi disiapkan sesuai dengan kebutuhan. Setelah semua bahan baku siap maka proses pembuatan semen memasuki tahap kedua yaitu tahap penggilingan.

- b. Tahap penggilingan bahan baku
Setelah semua bahan baku disiapkan, proses selanjutnya adalah penggilingan bahan baku. Sebelum di giling, keempat bahan baku ditentukan komposisinya yang dikontrol oleh sistem komputer dan siap di giling di dalam mesin penggilingan *raw mill* kemudian disimpan dalam silo-silo pencampur hingga bahan mencapai kondisi homogen.
- c. Tahap pembakaran
Dari silo pencampur bahan yang sudah homogen di umpankan ke alat pemanas awal atau yang biasa disebut *pre heater*, kemudian masuk ke dalam tanur putar (*rotary kiln*). Di dalam tanur putar ini, material tersebut dibakar pada suhu 1350°C – 1400°C . Hasilnya adalah butiran-butiran yang dinamakan terak atau *clinker*. Setelah dipanaskan di dalam suhu yang sangat tinggi, terak kemudian didinginkan secara mendadak di alat pendingin (*cooler*). Terak kemudian disimpan dalam silo penyimpanan terak untuk selanjutnya masuk ke tahap penggilingan akhir.
- d. Tahap penggilingan akhir
Pada tahap penggilingan akhir ini, terak di giling bersama dengan *gypsum* mesin penggilingan akhir dan jadilah semen Portland yang memiliki kehalusan sebesar 45 mikron. Hasil dari penggilingan akhir yang dilakukan di *finish mill* yang sudah berupa semen, masuk ke dalam silo-silo penyimpanan semen untuk selanjutnya masuk kedalam tahap pengemasan.
- e. Tahap pengemasan
Dalam tahap ini, semen dikemas dalam 3 kemasan yang berbeda yaitu dalam kemasan zak atau kantong, dalam kemasan *jumbo bag*, atau dalam bentuk curah untuk kemudian didistribusikan melalui angkutan darat dan angkutan laut.

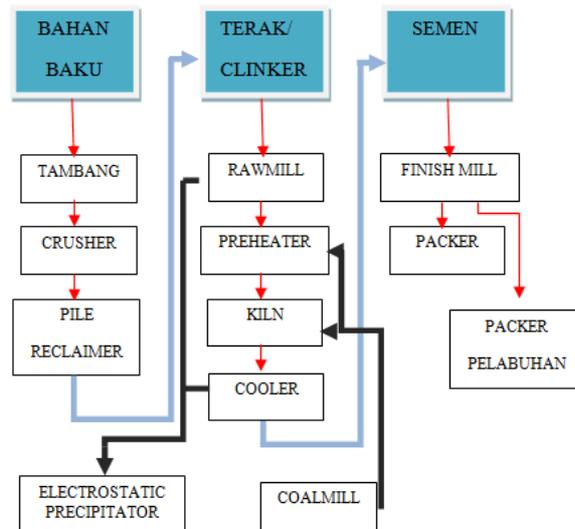
2. Tahap berikutnya adalah dengan mengumpulkan data permintaan semen dari tahun 2011-2012 untuk melihat trend (pola data) tersebut.
3. Selanjutnya dilakukan metode peramalan permintaan untuk tahun 2013 dengan memperhatikan pola data dan MAD (*mean absolute deviation*) terkecilnya.
4. Dari hasil peramalan kemudian dilakukan verifikasi untuk melihat apakah fungsi peramalan yang digunakan sudah mewakili pola data yang ada atau tidak, dan juga pengujian *out of control* agar dapat diketahui apakah proses verifikasi sudah terkendali atau belum.
5. Hasil peramalan tersebut dijadikan input kebutuhan batu kapur (dari UTSG sebagai suppliernya). Jika terjadi kekurangan akibatnya proses produksi terhenti, sebaliknya jika kelebihan persediaan maka biaya simpan akan meningkat (mengingat proses pemenuhan bahan baku harus ditransfer dari lokasi tambang dan kapasitas maksimal UTSG).
6. Optimisasi sistem persediaan dengan dua skenario pemenuhan bahan baku yaitu dipesan sesuai peramalan dan dipesan dengan menambahkan 5% dari kebutuhan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik kebutuhan bahan baku batu kapur 80% dari total bahan baku yang diperlukan (diantaranya tanah liat, pasir silika, pasir besi), secara singkat bisa dilihat pada bagan gambar 2. peta proses operasi pembuatan semen.

3.1 Data Permintaan Semen Pabrik Tuban 1 Tahun 2011 & 2012

Dilihat dari data permintaan semen pada tabel 1, maka akan dibuat pola data yang nantinya dari pola data tersebut dapat diketahui bentuk pola datanya dan metode-metode yang akan digunakan untuk melakukan peramalan. Di bawah ini adalah pola data hasil dari data permintaan semen.



Gambar 2. Peta Proses Operasi Pembuatan Semen

Tabel 1. Data Permintaan Semen Pabrik Tuban 1

Tahun	Bulan	Ton Semen	Tahun	Ton Semen	
2011	Januari	175.180	2012	Januari	209.880
	Februari	178.740		Februari	197.860
	Maret	191.160		Maret	245.120
	April	171.980		April	196.120
	Mei	191.860		Mei	220.320
	Juni	194.600		Juni	260.460
	Juli	188.460		Juli	262.780
	Agustus	227.940		Agustus	240.360
	September	141.060		September	197.420
	Oktober	204.580		Oktober	198.100
	November	246.900		November	215.840
	Desember	233.420		Desember	207.860
		2,652,120			2,345,880

Dari grafik di bawah (gambar 2), maka dapat disimpulkan bahwa Data Permintaan Masa Lalu termasuk ke dalam kategori pola data *Seasonal*, dan penggunaan metode peramalannya antara lain *Single Eksponential Smoothing (SES)*, *Double Eksponential Smoothing (DES)*, dan *Linear Regression with Time (LR)* (Gaspersz, 2004).



Gambar 2. Pola data permintaan semen pabrik Tuban 1

3.2 Melakukan Analisis Data Berdasarkan Model Peramalan yang Dipilih

Namun sebelum mulai meramalkan, untuk metode yang ketiga *Linear Regression with Time* (LR), dilakukan perhitungan terlebih dahulu untuk menghitung nilai *Y-Intercept* (a) dan *Slope* (b). Perhitungan *intercept* dan *slope* (menggunakan analisis regresi) didapatkan hasil berikut:

$$b = \frac{N \sum_{t=1}^n t \cdot dt - \sum_{t=1}^n dt \sum_{t=1}^n t}{N \sum_{t=1}^n t^2 - \left(\sum_{t=1}^n t\right)^2}$$

$$b = \frac{12(17178480) - (2652120)(78)}{12(650) - (78)^2} = \frac{206141760 - 206865360}{7800 - 6084} = \frac{-723600}{1716} = -421,68 \approx 422$$

$$a = \frac{\sum_{t=1}^n dt}{N} - \frac{b \sum_{t=1}^n t}{N} = \bar{dt} - b \cdot \bar{t}$$

$$a = \bar{dt} - b \cdot \bar{t} = 221010 + 421,68(6.5) = 221010 + 2740,92 = 223750,92 \approx 223751$$

$$\therefore dt' = 156 + 1t$$

Tabel 2. Forecast Result for Peramalan Semen

Forecast Result for Peramalan Semen											
Month	Actual Data	Forecast by SES	Forecast by DES	Forecast by LR	Forecast Error	CFE	MAD	MSE	MAPE (%)	Tracking Signal	R-sqaure
1	209880			224173	-14293	-14293	14293	2.04E+08	6.810082	-1	1
2	197860	209880	209880	224595	-26735	-41028	20514	4.60E+08	10.16108	-2	1
3	245120	207476	209399.2	225017	20103	-20925	20377	4.41E+08	9.507816	-1.02689	0.121255
4	196120	215004.8	210520.3	225439	-29319	-50244	22612.5	5.46E+08	10.86824	-2.22196	0.406878
5	220320	211227.8	210661.8	225861	-5541	-55785	19198.2	4.43E+08	9.197589	-2.90574	0.38878
6	260460	213046.3	211138.7	226283	34177	-21608	21694.67	5.64E+08	9.851622	-0.99601	2.37E-02
7	262780	222529	213416.8	226705	36075	14467	23749	6.69E+08	10.40542	0.609163	7.17E-03
8	240360	230579.2	216849.3	227127	13233	27700	22434.5	6.07E+08	9.79293	1.234705	2.06E-02
9	197420	232535.4	219986.5	227549	-30129	-2429	23289.45	6.41E+08	10.40053	-0.1043	1.92E-03
10	198100	225512.3	221091.6	227971	-29871	-32300	23947.6	6.66E+08	10.86836	-1.34878	1.81E-02
11	215840	220029.8	220879.3	228393	-12553	-44853	22911.73	6.20E+08	10.40904	-1.95764	3.05E-02
12	207860	219191.9	220541.8	228815	-20955	-65808	22748.67	6.05E+08	10.38173	-2.89283	0.056671
13		216925.5	219818.5	229237				SES	DES	LR	
14		216925.5	219818.5	229659		CFE		35227.44	77874.67	-65808	
15		216925.5	219818.5	230081		MAD		23012.35	23388.52	22748.67	
16		216925.5	219818.5	230503		MSE		7.36E+08	7.61E+08	6.05E+08	
17		216925.5	219818.5	230925		MAPE		10.16331	10.12267	10.38173	
18		216925.5	219818.5	231347		Trk.Signal		1.530806	3.329611	-2.89283	
19		216925.5	219818.5	231769		R-sqaure		0.121737	0.119094	0.056671	
20		216925.5	219818.5	232191				Alpha=0.2	Alpha=0.2	a=223751	
21		216925.5	219818.5	232613							
22		216925.5	219818.5	233035							
23		216925.5	219818.5	233457							

3.3 Memilih Model Peramalan Berdasarkan MAD Terkecil

Untuk memilih metode peramalan yang terbaik dari ketiga metode peramalan tersebut dapat diukur kesalahan (*error*) antara permintaan aktual dengan hasil peramalannya dengan menggunakan *Mean Absolute Deviation* (MAD).

Dari hasil peramalan yang telah dilakukan dengan metode terpilih yaitu *Linear Regression with Time* (LR), karena mempunyai nilai MAD terkecil yaitu 22748,67. Alasan memilih nilai MAD terkecil yaitu karena yang mempunyai nilai standart kesalahan terkecil (tabel 2.).

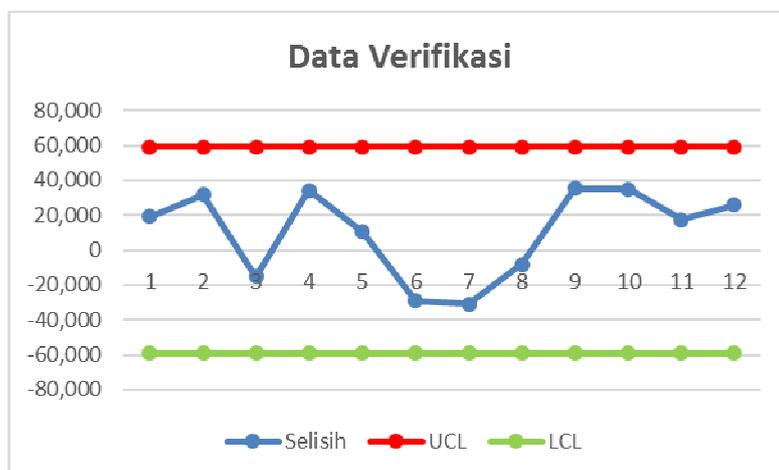
3.4 Melakukan Verifikasi Peramalan

Verifikasi peramalan dilakukan berdasarkan data yang sudah diramalkan yang dapat dilihat pada tabel 2. Verifikasi peramalan dilakukan untuk memverifikasi apakah fungsi peramalan yang digunakan mewakili pola data yang ada atau tidak yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Verifikasi Peramalan

No	Ramalan	History	Selisih	MR	MR Absolut	UCL	LCL
1	229,237	209,880	19,357	0	0	59,024.96	-59,024.96
2	229,659	197,860	31,799	-12,442	12,442	59,024.96	-59,024.96
3	230,081	245,120	-15,039	46,838	46,838	59,024.96	-59,024.96
4	230,503	196,120	34,383	-49,422	49,422	59,024.96	-59,024.96
5	230,925	220,320	10,605	23,778	23,778	59,024.96	-59,024.96
6	231,347	260,460	-29,113	39,718	39,718	59,024.96	-59,024.96
7	231,769	262,780	-31,011	1,898	1,898	59,024.96	-59,024.96
8	232,191	240,360	-8,169	-22,842	22,842	59,024.96	-59,024.96
9	232,613	197,420	35,193	-43,362	43,362	59,024.96	-59,024.96
10	233,035	198,100	34,935	258	258	59,024.96	-59,024.96
11	233,457	215,840	17,617	17,318	17,318	59,024.96	-59,024.96
12	233,879	207,860	26,019	-8,402	8,402	59,024.96	-59,024.96
				Jumlah	266,278		
				Rata-rata	22,189.83		

Setelah proses verifikasi dilanjutkan dengan pengujian *out of control* agar dapat diketahui apakah proses verifikasi sudah terkendali atau belum. Pengujian ini dapat dilihat pada grafik gambar 3. di bawah ini :



Gambar 3. Pengujian *Out of Control*

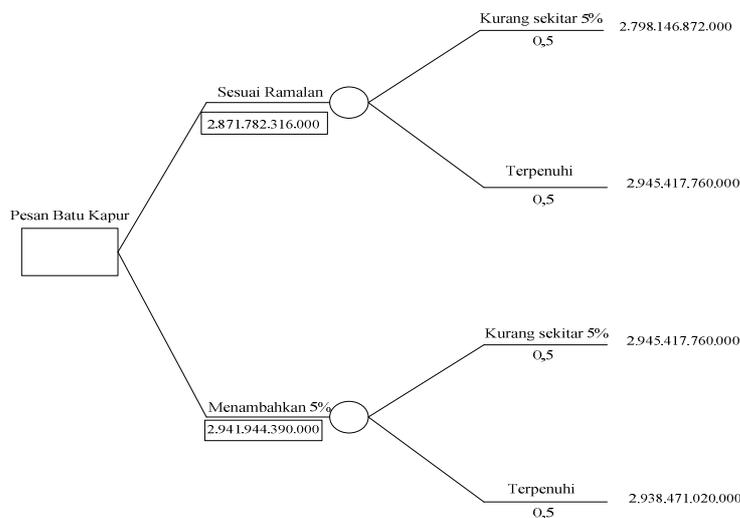
3.5 Analisis Permasalahan

Dari data permintaan kebutuhan semen dan ketersediaan batu kapur (data tahun 2012) terlihat bahwa kebutuhan bahan baku batu kapur terdapat kekurangan sekitar 4.7% (rerata selama satu tahun 2012).

Tabel 4. Jumlah Kebutuhan Batu Kapur

Tahun	Kebutuhan Semen (Ton)	Kebutuhan batu kapur (Ton)	Batu Kapur Tersedia (Ton)	Kekurangan (%)
2011	2,345,880	1,876,704	1,776,943	5.3
2012	2,652,120	2,121,696	2,022,149	4.7
Proyeksi peramalan	2,778,696	2,222,957	2,111,809	5.0

Terlihat bahwa pemenuhan kebutuhan semen tiap bulannya mengalami kekurangan yang disebabkan oleh kurangnya suplai batu kapur oleh anak perusahaan PT Semen Indonesia yaitu UTSG. Dilihat dari kekurangan yang terjadi tentu saja berdampak pada keuntungan yang diperoleh dimana apabila kebutuhan batu kapur terpenuhi dengan harga jual Rp 53.000,-/50kg maka dengan tidak terpenuhinya suplai batu kapur perusahaan mengalami kerugian (kehilangan *opportunity cost*) berkisar Rp 147.270.888.000,- tiap tahunnya. Oleh karena itu peramalan yang telah dilakukan akan digunakan sebagai acuan untuk melakukan estimasi permintaan kebutuhan batu kapur kepada UTSG.



Gambar 4. Analisis Keputusan Pemesanan Batu Kapur

Berdasarkan data *history* masa lalu yang menunjukkan pemenuhan kebutuhan batu kapur yang selalu kurang, maka perusahaan memiliki 2 pilihan yaitu dengan memesan sesuai dengan kebutuhan dari hasil peramalan atau yang kedua adalah memesan dengan melebihi pesanan sebesar 5% yang didapat dari mengasumsikan bahwa UTSG tidak dapat memenuhi rata-rata 5% dari total kebutuhan seperti pada tahun-tahun sebelumnya. Dari kedua pilihan tersebut terdapat beberapa kemungkinan pada setiap pilihannya. Apabila perusahaan memesan sesuai dengan kebutuhan pada hasil peramalan maka ada kemungkinan UTSG dapat memenuhi maupun tidak dapat memenuhi 5% dari kebutuhan tersebut seperti tahun sebelumnya dengan estimasi pendapatan sebesar Rp 2,945 T setahun apabila memenuhi dan Rp 2,798 T apabila tidak terpenuhi.

Sedangkan untuk pilihan yang kedua, perusahaan dihadapkan pada 2 kemungkinan yaitu yang pertama adalah apabila suplai UTSG masih kurang seperti sebelumnya dengan rata-rata

kekurangan 5% maka permintaan akan terpenuhi dengan estimasi pendapatan Rp 2,94 T sedangkan apabila suplai sesuai pesanan maka perusahaan dihadapkan pada menumpuknya bahan mentah dalam gudang sehingga akan menambah biaya simpan. Biaya simpan di asumsikan sebesar Rp 50,-/kg per tahun berdasarkan faktor-faktor seperti biaya pemeliharaan batu kapur, pajak tanah dan bangunan. Dengan begitu perusahaan harus mengeluarkan total Rp 6.946.740.000,- per tahun.

Maka dengan menggunakan analisis keputusan seperti pada gambar 4. terlihat bahwa penambahan pemesanan sebesar 5% lebih menguntungkan dari segi biaya. Meskipun lebih untung tetapi demi mengurangi biaya simpan yang terlalu besar maka akan diadakan evaluasi setiap 6 bulan sekali untuk melihat apakah pemenuhan kebutuhan batu kapur terpenuhi sesuai pesanan atau kurang sekitar 5% dari pemesanan. Apabila sesuai dengan pesanan maka langkah selanjutnya yang harus diambil oleh korporasi adalah dengan memesan sesuai dengan kebutuhan sehingga stok di gudang dapat diminimalisir. Maka dari itu dapat dihitung biaya penyimpanan yang dikeluarkan setelah di lakukan evaluasi yaitu selama setengah tahun sebesar Rp 2.793.888.000,- (dengan asumsi jumlah sediaan max 5% atau 55,878T batu kapur bisa diminimalisir).

4. KESIMPULAN

- a. Kebutuhan bahan baku batu kapur sangatlah vital pada proses produksi semen, PT. Semen Indonesia mendapatkan pasokan dari UTSG yang secara historis mengalami kekurangan akibat mis-informasi dan hambatan teknis di lapangan.
- b. Plot data adalah seasonal sehingga metode yang digunakan adalah SES, DES, dan *Linier Regression*, metode peramalan yang dipilih adalah *linier regression* karena memiliki nilai MAD terkecil.
- c. Dengan asumsi yang ada, proses optimasi merekomendasikan penambahan stok sebesar 5% hanya untuk 6 bulan pertama untuk selanjutnya dilakukan evaluasi pemenuhan kebutuhan bahan baku terhadap sediaan setiap 6 bulan.

Ucapan terima kasih kepada:

Wahyu Yoga Utama, mahasiswa kolaborasi penelitian yang melakukan magang di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban.

Bapak Afifudin Zuhri, ST. dari Bagian Perencanaan dan Pengendalian Produksi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban.

Bapak Soebhan, Kepala Seksi Departemen Perencanaan Persediaan PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban.

DAFTAR PUSTAKA

- Arlisa Jati Wulandari, Sri Mumpuni R, Irhamah, (2011), Optimasi Sistem Persediaan Multi-item di PT Amigo Group dengan Pendekatan Algoritma Genetika, *Skripsi*, Jurusan Statistika FMIPA-ITS, Surabaya.
- Dina Rahmayanti, Ahmad Fauzan (2013), Optimalisasi Sistem Persediaan Bahan Baku Karet Mentah (Lateks) dengan Metode Lot Sizing (Studi Kasus: PT Abaisiat Raya), *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, Vol. 12, No.1, 317-325.
- Gaspersz, V. (2004), *Production Planning and Inventory Control*, Jakarta :Gramedia Pustaka Utama.
- Mehdi Sajadifar, Ahmad Mavaji, (2014), An Inventory Model with Demand Dependent Replenishment Rate for Damageable Item and Shortage, *Proceedings of the 2014 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Bali, Indonesia.