

PERENCANAAN PERSEDIAAN BATUBARA DENGAN MEMPERTIMBANGKAN BIAYA TRANSPORTASI MENGGUNAKAN MODEL P BACK ORDER DI PT. ABC

Achmad Bahauddin, Ratna Ekawati, Mohammad Riza Hafidz

Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
baha@ft-untirta.ac.id¹, ratna_145@yahoo.com², riza.industri@gmail.com³

ABSTRAK

PT. ABC adalah salah satu perusahaan yang menghasilkan listrik dengan bahan baku utama berupa batubara. Perencanaan inventori di PT. ABC dalam pengadaan batubara perlu dilakukan perbaikan karena perusahaan belum mampu memenuhi semua permintaan yang ada dengan optimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan bahan baku batubara untuk 12 bulan berdasarkan peramalan, mengetahui waktu pemesanan barang yang optimal, mengetahui jumlah safety stock yang seharusnya disediakan untuk mengantisipasi terjadinya kekurangan bahan baku batubara, dan menentukan total biaya inventori yang optimal dengan mempertimbangkan biaya transportasi. Untuk menyelesaikan penelitian ini, dilakukan peramalan permintaan bahan baku batubara menggunakan metode EWMA with seasonal correction. Kemudian dilakukan perencanaan inventori batubara menggunakan model P back order dengan mempertimbangkan biaya transportasi dan diselesaikan secara matematis menggunakan model Hadley-Within. Penelitian ini menghasilkan kebutuhan permintaan bahan baku batubara untuk 12 bulan dan waktu antar pemesanan sebesar 9 hari dengan jumlah safety stock sebesar 7.715,26 ton serta total biaya inventori sebesar Rp 303.613.051.566,05 untuk memperoleh hasil yang optimal. Dengan adanya usulan tersebut diharapkan perusahaan mampu memenuhi semua permintaan bahan baku batubara dan meningkatkan profit.

Kata kunci: Perencanaan Persediaan, Batubara, Model P back order, Biaya Transportasi

ABSTRACT

PT. ABC is one of the companies that produce electricity with coal as the main raw material. Inventory planning of coal at PT. ABC needs to be improved because the company has not been able to meet all the demand optimally. The aims of this research are to determine the needs of the coal feed stock for 12 months based on forecasting, knowing the optimal ordering time of goods, knowing the amount of safety stock that should be provided to anticipate the shortage of coal, and determine the optimal total inventory cost by considering transportation costs. To complete this research, forecasting coal demand for raw materials using EWMA with seasonal correction conducted. Then coal inventory planning performed using models P back order by considering the cost of transportation and solved mathematically using Hadley-Within model. Result of This research are the demand of coal for 12 months and the time between ordering for 9 days with the amount of safety stock at 7715.26 tons and the total inventory cost of Rp 303,613,051,566.05 to obtain optimal results. The company is expected able to supply all the demand for raw materials coal and increase profits with this proposal.

Keywords: Inventory Planning, Coal, P backorder Model, Transportation cost.

1. PENDAHULUAN

Setiap perusahaan, baik itu perusahaan jasa maupun perusahaan manufaktur selalu memerlukan persediaan. Jika tidak ada persediaan, perusahaan akan dihadapkan pada resiko bahwa perusahaan tidak mampu memenuhi permintaan pelanggan waktu tertentu. Hal ini dapat terjadi karena barang atau jasa tidak selalu tersedia setiap saat. Ini berarti perusahaan akan kehilangan kesempatan memperoleh keuntungan yang seharusnya didapatkan jika pada saat ada permintaan, produk atau jasa tersebut tidak tersedia. Jadi persediaan sangat penting untuk setiap perusahaan, baik yang menghasilkan barang maupun jasa (Rangkuti, 2004).

PT. ABC merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pembangkit listrik. Bahan baku utama yang digunakan untuk menghasilkan arus listrik tersebut adalah batu bara yang didatangkan melalui beberapa supplier. Permintaan batubara bersifat probabilistik, dimana persediaan tidak diketahui secara pasti namun variansi dan pola distribusi kemungkinannya dapat diprediksi. Kendala yang sering terjadi adalah jumlah permintaan batubara dari supplier tidak selalu dapat dipenuhi. Supplier sering kali mengalami keterlambatan pengiriman, salah satu penyebabnya adalah cuaca yang tidak menentu.

Untuk mengantisipasi hal tersebut, perusahaan harus mengambil tindakan untuk memenuhi kekurangan batubara tersebut dengan cara membeli sendiri dari supplier lain. Perusahaan akan melakukan pemesanan secara langsung kepada supplier lain pada saat supplier utama tidak dapat memenuhi permintaan yang telah ditetapkan pada waktu tertentu. Hal tersebut kemudian akan menimbulkan biaya transportasi setiap melakukan pengiriman batubara. Selain itu perusahaan harus memiliki cadangan batubara yang cukup selama proses keterlambatan terjadi. Namun hal tersebut juga akan menimbulkan biaya penyimpanan persediaan batubara pada perusahaan, dan juga menimbulkan biaya-biaya lain yang berhubungan dengan proses keterlambatan pengadaan bahan baku batubara. Untuk mengantisipasi hal tersebut, perlu dilakukan perencanaan bahan baku batubara. Salah satu metode perencanaan bahan baku yang dapat digunakan adalah model P. Model P pada prinsipnya merupakan pengembangan lebih lanjut dari model probabilistik sederhana, yaitu pemesanan dilakukan menurut selang interval waktu yang tetap (T) namun ukuran lot pemesanannya (q_0) berbeda – beda sesuai dengan inventori yang ada (Bahagia, 2006).

Penelitian yang terkait dengan penelitian ini antara lain penelitian Valentine (2013). Pada penelitian tersebut dilakukan penentuan waktu antar pemesanan bahan baku dan persediaan maksimum dalam sistem inventory probabilistik model P di PT. XYZ. Sedangkan Burhan (2010) melakukan penelitian tentang model P yang mempertimbangkan biaya transportasi baik biaya tetap maupun biaya variabel. Junaedi (2013) melakukan penelitian menggunakan simulasi sistem dinamis untuk mempresentasikan sistem inventori model P dalam perubahannya terhadap waktu. Pada penelitian ini akan dilakukan penelitian dengan meramalkan permintaan bahan baku batubara guna mengetahui ekspektasi permintaan untuk tahun berikutnya dan untuk merencanakan kebutuhan bahan baku batubara guna mengatasi keterlambatan bahan baku batubara di PT. ABC dengan menggunakan model P *back order* yang mempertimbangkan biaya transportasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

1. Pengertian Persediaan

Menurut Hadiguna (2009), persediaan didefinisikan sebagai sejumlah barang yang disimpan untuk menunjang kelancaran kegiatan produksi dan distribusi. Persediaan juga dapat berwujud barang yang disimpan dalam keadaan menunggu atau belum selesai dikerjakan. Persediaan bisa menjadi sumber konflik di antara bagian-bagian yang berbeda dalam perusahaan. Hal ini disebabkan masing-masing bagian mempunyai peranan yang berbeda dalam penggunaan persediaan.

Pada dasarnya persediaan akan mempermudah jalannya operasi perusahaan pabrik yang harus dilakukan secara berturut-turut untuk memproduksi barang-barang dan menyampaikannya pada konsumen. Menurut Rangkuti (2004), persediaan yang diadakan mulai dari bahan baku sampai barang jadi berguna untuk:

1. Menghilangkan resiko keterlambatan datangnya barang.
2. Menghilangkan resiko barang yang rusak.
3. Mempertahankan stabilitas operasi perusahaan.
4. Mencapai penggunaan mesin yang optimal.
5. Memberikan pelayanan yang sebaik-baiknya bagi konsumen.

Menurut Ginting (2007), persediaan yang disimpan perusahaan dapat saja rusak sebelum digunakan. Selain itu perusahaan juga harus menanggung biaya-biaya yang timbul akibat adanya persediaan tersebut. Biaya yang timbul tersebut diantaranya biaya pesan dan biaya simpan.

Menurut Pujawan (2005), karena tingkat keusangan dan tingkat kesulitan penyimpanan tiap barang berbeda-beda maka biaya simpan bervariasi antara satu jenis barang dengan jenis yang lainnya. Namun secara umum biaya simpan per tahun berkisar antara 20% - 35% per tahun dari nilai barang yang disimpan. Artinya, kalau suatu perusahaan memiliki persediaan dengan nilai rata-rata 10 milyar maka biaya simpan setahun sekitar 2 – 3.5 milyar. Angka sebesar ini sering tidak disadari karena bagian terbesar biaya simpan (yang berupa biaya modal) tidak tercatat dalam laporan akuntansi.

Persediaan merupakan salah satu unsur paling aktif dalam operasi perusahaan yang secara kontinu diperoleh, diubah, kemudian dijual kembali. Menurut Fogarty (1991), persediaan (*inventory*) meliputi semua jenis barang ataupun bahan baku yang akan digunakan dalam proses produksi dan distribusi. Bahan baku (*raw material*), part-part komponen, barang setengah jadi dan barang jadi adalah bagian dari persediaan, sama halnya dengan berbagai macam pemasok yang merupakan bagian dari produksi dan distribusi proses.

Pengertian persediaan secara umum adalah suatu aktiva yang meliputi barang-barang milik perusahaan dengan maksud untuk dijual dalam suatu periode usaha normal atau persediaan barang-barang yang masih atau belum dalam proses pengerjaan atau proses produksi. Jadi persediaan merupakan sejumlah bahan-bahan jadi atau proses yang terdapat di dalam suatu perusahaan untuk proses produksi, serta barang-barang jadi atau produk yang disediakan untuk memenuhi permintaan dari komponen atau langganan setiap waktu.

Persediaan muncul karena tidak adanya jaminan pasokan akan mampu memenuhi permintaan baik dari aspek kuantitas dan waktu. Adanya tingkat yang berbeda antara yang tersedia dengan yang dibutuhkan memunculkan persediaan. Tersine (1994) mengemukakan empat faktor fungsi dari persediaan, yaitu:

1. Faktor Waktu, meliputi jadwal produksi, pemesanan barang, pengiriman barang dari pemasok atau waktu pengiriman, inspeksi barang, produksi dan pengiriman produk ke konsumen.
2. Faktor Diskontinuitas, menjadwalkan banyak operasi dalam tingkat kinerja yang diinginkan, meliputi operasional pengeceran, distribusi, pergudangan, produksi dan pembelian.
3. Faktor Tidak Tentu, yakni focus pada peristiwa yang tak terduga yang dapat mengubah jadwal awal yang telah direncanakan. Meliputi prakiraan permintaan, cakupan variabel produksi, peralatan rusak, menunggu pengiriman dan kondisi alam yang berubah.
4. Faktor Ekonomi, memperoleh keuntungan dari berbagai alternative pengurangan biaya.

5. Model P

Permasalahan kebijakan inventori yang akan dipecahkan dengan model inventori probablistik P (model *P*) berkaitan dengan penentuan besarnya stok operasi (*operating stock*) dan cadangan pengamannya (*safety stock*). Secara lebih spesifik permasalahan pokok ini dijabarkan ke dalam tiga pertanyaan dasar yang akan menjadi fokus untuk dijawab di dalam model ini, (Bahagia, 2006) yaitu:

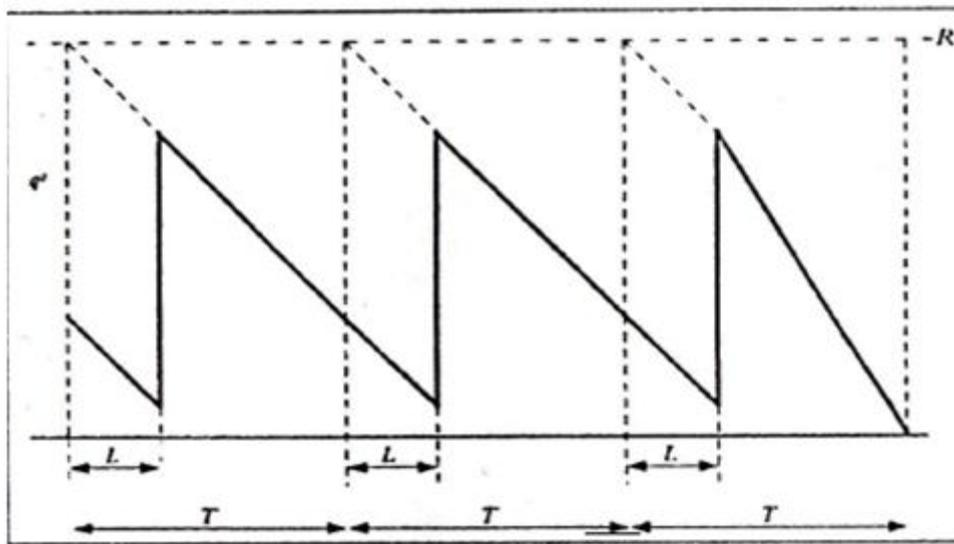
1. Berapa selang interval waktu tetap yang akan digunakan untuk setiap kali melakukan pemesanan (*T*).
2. Berapakah ukuran lot pemesanan (*q₀*)?
3. Berapa besarnya cadangan pengaman (*ss*)?

Pada prinsipnya model P ini merupakan pengembangan lebih lanjut dari model probablistik sederhana, yaitu dengan tidak menetapkan terlebih dahulu tingkat pelayanannya. Dalam hal ini tingkat pelayanan justru akan ditentukan secara simultan dengan optimasi biayanya. Formulasi model P diturunkan berdasarkan sejumlah asumsi serta mekanisme tertentu. Selain itu model P juga memiliki karakteristik khusus yang mencirikan model ini dibandingkan dengan model-model lainnya.

Karakteristik kebijakan *inventory* model *P* ditandai dengan 2 elemen dasar sebagai berikut:

1. Pemesanan dilakukan menurut suatu selang interval waktu yang tetap (*T*).
2. Ukuran lot pemesanan (*q₀*) besarnya merupakan selisih antara *inventory* maksimum yang diinginkan (*R*) dengan *inventory* yang ada pada saat pemesanan dilakukan.

Sesuai dengan karakteristik tersebut diatas, secara grafis *inventory* yang ada dalam gudang bila menggunakan model *P* dapat digambarkan seperti berikut ini:



Gambar 1. Situasi Persediaan dengan Model *P*

(Sumber: Bahagia, 2006)

Dari gambar tersebut terlihat bahwa mekanisme pengendalian dilakukan dengan memesan menurut interval waktu T dan jumlah yang dipesan adalah sebesar $(R - r)$ yang merupakan ukuran lot yang bersifat probabilistik sedangkan waktu pemesanan (T) selalu tetap sehingga ukuran lot pemesanan antara satu pemesanan dengan pemesanan lain berubah – ubah.

Asumsi yang digunakan pada inventori probabilistik model *P* adalah sebagai berikut:

1. Permintaan selama horison perencanaan bersifat probabilistik dan berdistribusi normal dengan rata-rata (D) dan standar deviasi (S).
2. Waktu antar pemesanan konstan T untuk setiap kali pemesanan, barang akan datang secara serentak dengan waktu anjang-ancang (L), pesanan dilakukan pada saat inventori mencapai titik pemesanan (r).
3. Harga barang (p) konstan baik terhadap kuantitas barang yang dipesan maupun waktu
4. Biaya pesan (A) konstan untuk setiap kali pemesanan dan biaya simpan (h) sebanding dengan harga barang dan waktu penyimpanan.
5. Biaya kekurangan inventori (Cu) sebanding dengan jumlah barang yang tidak dapat dilayani atau sebanding dengan waktu kekurangan (tidak tergantung pada jumlah kekurangan).

6. Komponen Model *P*

Komponen model pada model *P* meliputi kriteria kinerja, variabel keputusan dan parameter seperti yang diuraikan berikut ini:

1. Kriteria Kinerja

Di dalam mencari jawab kebijakan yang optimal, criteria kinerja yang menjadi fungsi tujuan dari model *P* sama dengan model *Q* yaitu minimasi ekspektasi biaya total *inventory* (O_T) selama horizon perencanaan dengan mengoptimasikan tingkat pelayanan. Ekspektasi biaya total *inventory* yang dimaksud seperti dinyatakan dalam persamaan (2-4) yang terdiri dari empat elemen biaya yaitu biaya beli (O_b), biaya pemesanan (O_p), biaya simpan (O_s), dan biaya kekurangan barang (O_k), yang dinyatakan sebagai berikut :

$$O_T = O_b + O_p + O_s + O_k \quad (1)$$

2. Variabel Keputusan

Ada dua variabel keputusan yang terkait dalam penentuan kebijakan *inventory* probabilistik model *P*, yaitu :

1. Periode waktu antar pemesanan (*T*)
2. *Inventory* maksimum yang diharapkan (*R*)
 Dalam hal ini cadangan pengaman secara implisit sudah terwakili dalam *R*, dan besarnya akan ditentukan berdasarkan *trade off* antara ekspektasi biaya total dan tingkat pelayanan.

3. Parameter
 Sesuai dengan kriteria kinerja dan variabel keputusan yang telah ditentukan maka parameter yang digunakan dalam model *P* ini adalah sebagai berikut :

1. Harga barang per unit (*p*)
2. Biaya tiap kali pesan (*A*)
3. Biaya simpan per unit per tahun (*h*)
4. Biaya satuan kekurangan *inventory* (*Cu*)

5. Formulasi Model P

Berdasarkan ekspektasi, biaya *inventory* total (*O_T*), seperti dinyatakan dalam persamaan (1), terdiri dari komponen biaya pembelian, biaya pengadaan, biaya simpan, dan biaya kekurangan *inventory*. Berikut ini akan dirinci formulasinya sehingga akan dapat ditentukan variabel – variabel keputusan yang akan dikendalikan yaitu *T* dan *R*:

1. Biaya pembelian (*O_b*)
 Biaya beli barang *O_b* merupakan perkalian antara ekspektasi jumlah barang yang dibeli (*D*) dengan harga barang per unit (*p*), secara matematis dituliskan sebagai berikut :

$$O_b = D \times p \tag{2}$$

2. Biaya Pengadaan (*O_p*)
 Biaya pengadaan per tahun (*O_p*) dapat dinyatakan sebagai berikut. *O_p* = (biaya tiap kali pesan) x (frekuensi pemesanan per tahun):

$$O_p = A \times f \tag{3}$$

Jika setiap kali pemesanan dilakukan dengan selang waktu *T*, frekuensi pemesanan per tahun sebesar:

$$f = \frac{1}{T} \tag{4}$$

Dengan demikian biaya pengadaan per tahun dapat diformulasikan sebagai:

$$O_p = \frac{A}{T} \tag{5}$$

Dimana:

- A = biaya tiap kali pesan
 T = interval waktu pemesanan

3. Biaya Simpan (*O_s*)
 Biaya simpan per tahun (*O_s*) merupakan perkalian antara ekspektasi *inventory* per tahun (*m*) dengan biaya simpanan per unit per tahun (*h*) atau :

$$O_s = m \times h \tag{6}$$

Dengan demikian dalam keadaan *steady stock* inventori yang ada dalam gudang akan berfluktuasi antara *s* dan (*s + q₀*), sehingga ekspektasi inventori yang ada (*m*) dapat dinyatakan:

$$m = s + \frac{TD}{2} \quad (7)$$

Harga (s) akan bervariasi dari satu siklus ke siklus yang lain. Jika permintaan barang selama waktu anjang-ancang (L) sebesar x dengan distribusi kemungkinan $f(x)$, maka harga (s) adalah $s = r - x$. Dengan demikian harga (s) bisaberharga positif maupun negatif. Dalam keadaan *steady state* nilai ekspektasi s dapat dicari, di mana besarnya bergantung pada cara mengatasi keadaan kekurangan inventori (*out of stock*). Untuk itu perhitungan ekspektasi akan berdasarkan pada kasus *Backorder*.

Dengan *backorder* maka secara matematis dimungkinkan adanya inventori negatif. Dalam hal ini inventori negatif diartikan sebagai permintaan yang akan dipenuhi dengan cara *backorder*. Oleh sebab itu, ekspektasi harga s dapat dinyatakan sebagai berikut:

- T : Interval waktu antar pemesanan
- D_L : Ekspektasi kebutuhan selama waktu anjang-ancang (L)
- D : ekspektasi permintaan selama horizon permintaan
- Z : variabel acak permintaan barang selama ($T-L$) periode
- $F(z)$: distribusi kemungkinan permintaan sebesar z

Dengan demikian diperoleh ekspektasi inventori (m) sebagai berikut. :

$$m = R - D_L - TD/2 \quad (8)$$

Jika persamaan (8) disubstitusikan ke dalam persamaan (6) akan diperoleh biaya simpan (O_s) untuk keadaan *back order* sebagai berikut.

$$O_s = \left(R - DL - \frac{TD}{2} \right) h \quad (9)$$

4. Biaya Kekurangan *Inventory* (O_k)

Dalam model P , kemungkinan terjadinya kekurangan *inventory* dapat terjadi setiap saat, oleh sebab itu cadangan pengaman yang perlu diberikan harus dapat merendam fluktuasi kebutuhan selama ($T + L$). Untuk menghitung biaya kekurangan *inventory* ini dapat dilakukan atas dasar kuantitas *inventory* yang kurang. Jika biaya setiap unit kekurangan *inventory* sebesar C_u dan jumlah total kekurangan *inventory* selama satu tahun adalah N_T , biaya kekurangan *inventory* per tahun adalah sebagai berikut:

$$O_k = N_T C_U \quad (10)$$

Adapun harga N_T dapat ditentukan sebagai perkalian antara jumlah siklus dalam satu tahun dengan jumlah kekurangan *inventory* untuk setiap siklus, maka:

$$\begin{aligned} N_T &= N \cdot \frac{1}{T} \\ &= \frac{N}{T} \end{aligned} \quad (11)$$

Dengan demikian biaya kekurangan *inventory* sebesar:

$$O_k = \frac{C_u N}{T} \quad (12)$$

5. Formulasi Model P dengan Transportasi

Model P yang mempertimbangkan biaya transportasi yang digunakan pada penelitian ini mengacu pada model yang dikembangkan oleh Burhan (2010) sebagai berikut:

Total biaya inventori = biaya pembelian + biaya pesan + biaya penyimpanan + biaya kekurangan + biaya transportasi

$$O_T = O_b + O_p + O_s + O_k + O_{tr} \quad (13)$$

$$O_T = Dp + \frac{A}{T} + \left(R - DL - \frac{TD}{2}\right)h + \frac{c_u N}{T} + \frac{nc+fm}{T} \quad (14)$$

Di mana :

- f = Biaya tetap transportasi
- c = Biaya variabel transportasi
- m = Jumlah armada transportasi yang digunakan
- n = Total perjalanan armada transportasi

Untuk mendapatkan nilai T dan R dapat ditentukan dengan metode iteratif. Salah satu metode yang sering dipakai ialah metode Hadley-Within (Burhan, 2010):

1. Hitung nilai(T_0) dengan formula Wilson.

$$T_0 = \sqrt{\frac{2(A+nc+fm)}{hD}} \quad (15)$$

2. Hitung α dan selanjutnya akan dapat dihitung nilai inventori maksimum (R) dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\alpha = \frac{hT}{c_u} \quad (16)$$

$$R = D(T+L) + z_\alpha S\sqrt{T+L} \quad (17)$$

3. Menghitung jumlah kekurangan inventori per siklus (N) :

$$N = S\sqrt{(T+L)}(f(z_\alpha) - z_\alpha\psi(z_\alpha)) \quad (18)$$

4. Mengitung total biaya inventori.

Untuk mendapatkan ekspektasi biaya total terkecil ulangi langkah 2 untuk iterasi selanjutnya dengan mengubah nilai ($T = T_0 \pm \Delta T_0$). jika O_T baru lebih besar dari O_T awal, maka dilakukan iterasi pengurangan $T_0 = T_0 - \Delta T_0$ sedangkan apabila O_T baru lebih kecil dari O_T awal maka dilakukan iterasi penambahan $T_0 = T_0 + \Delta T_0$.

5. METODOLOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini dimulai dari melakukan studi literatur untuk mengetahui dasar – dasar dari penelitian yang dilakukan dan melakukan observasi lapangan dengan maksud untuk mengetahui kondisi dari objek yang akan diteliti, kemudian merumuskan masalah untuk mengetahui apa saja permasalahan yang akan dibahas, dari perumusan masalah tersebut kemudian dijadikan tujuan dari penelitian yang dilakukan, dan menentukan batasan masalah serta asumsi untuk memfokuskan penelitian yang dilakukan sehingga penelitian tidak keluar dari tujuan penelitian yang akan dilakukan. Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data permintaan batubara selama 1 tahun pada tahun 2012. Kemudian data-data yang terkait dalam pengadaan bahan baku batubara seperti *safety stock*, waktu antar pemesanan, *lead time*, dan data-data biaya terkait dengan inventori. Kemudian data penelitian yang diperoleh akan diolah pada pengolahan data. Pengolahan data yang pertama adalah dengan meramalkan permintaan batubara pada tahun 2012. Tahapan perhitungan metoda peramalan adalah sebagai berikut:

1. Plot data permintaan terhadap waktu, berfungsi untuk menentukan pola data masa lalu bersifat apa.

- Pilih beberapa metode peramalan, memilih metode terbaik berdasarkan plot data yang telah ditentukan. Pada penelitian kali ini, metode yang digunakan adalah metode EWMA (*exponential weighed moving average*) with *seasonal index*. EWMA digunakan untuk plot data yang bersifat musiman. Dalam menentukan peramalan menggunakan EWMA, terlebih dahulu harus ditentukan *seasonal index*. *Seasonal index* diperoleh dengan dua cara, yaitu rata-rata dan regresi linear. Pada penelitian kali ini regresi linear digunakan karena plot data kurang terlihat kecenderungan musimannya. Sehingga dipilih regresi linear sebagai cara untuk menentukan *seasonal index*.

$$I_t = \frac{d(t)}{D(t')} \quad (19)$$

- Evaluasi error dari setiap metode peramalan yang dipilih, menentukan error terhadap metode yang telah ditentukan. Pemilihan error terbaik dengan membandingkan alpha 0,3; 0,5 dan 0,7. Alpha dalam metode EWMA digunakan untuk menghasilkan peramalan yang lebih baik.

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (d_t - D'_t)^2}{n} \quad (20)$$

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n |PE|}{n} \quad (21)$$

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t|}{n} \quad (22)$$

$$TS = \frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)}{MAD} \quad (23)$$

- Pilih metode peramalan dengan error terkecil, membandingkan setiap error untuk mendapatkan error terkecil.
- Interpretasikan hasil peramalan.
- Menghitung total biaya inventori model P *back order* tanpa adanya biaya transportasi dengan model Wilson dalam Bahagia (2006)
- Menghitung total biaya inventori model P *back order* dengan adanya biaya transportasi dengan model Burhan (2010)

8. HASIL DAN PEMBAHASAN

Peramalan kebutuhan batubara pada penelitian ini merupakan ekspektasi yang dilakukan untuk tahun berikutnya. Peramalan digunakan untuk mengetahui berapa besar ekspektasi kebutuhan batubara untuk tahun 2013. Data yang digunakan untuk diramalkan adalah data masa lalu yaitu pada tahun 2012. Penentuan metode yang tepat untuk meramalkan adalah dengan cara melihat plot data

permintaan batubara tahun 2012. Metoda EWMA digunakan sebagai metoda yang paling tepat untuk meramalkan sesuai dengan plot data yang bersifat musiman. Hasil peramalan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil Peramalan Bahan Baku Batubara

Pengendalian bahan baku batubara yang diterapkan perusahaan masih belum optimal. Hal tersebut terjadi karena kemampuan perusahaan dalam pengadaan bahan baku belum seimbang dengan laju permintaan yang berfluktuasi. Dengan data permintaan selama 1 tahun dilakukan perhitungan secara matematis untuk penentuan kapan dan berapa pesanan yang dilakukan secara tepat dengan total biaya inventori yang dikeluarkan sekecil mungkin. Perhitungan dilakukan dengan dan tanpa adanya biaya transportasi. Perhitungan untuk model *P back order* dengan adanya biaya transportasi dilakukan mengikuti model Burhan (2010). Biaya transportasi sendiri meliputi biaya tetap dan biaya variabel transportasi, jumlah armada transportasi yang digunakan, dan total perjalanan armada.

Perhitungan model *P backorder* tanpa adanya biaya transportasi pada dasarnya sama dengan perhitungan model *P backorder* dengan adanya biaya transportasi, hanya saja pada perhitungan ini total biaya inventori merupakan akumulasi dari biaya beli, biaya pesan, biaya simpan, dan biaya kekurangan. Perhitungan matematis ini mengikuti formula Wilson dalam Bahagia (2006) dalam penentuan biaya terkecil dan elemen dasar pengendalian inventori. Tidak adanya parameter biaya transportasi dalam perhitungan ini sehingga tidak ada variabel-variabel yang terkait dengan biaya-biaya transportasi dan pengadaannya. Berikut rekapitulasi perbandingannya:

Tabel 1. Perbandingan Hasil Perhitungan Model Aktual Dengan Dan Tanpa Adanya Biaya Transportasi

	Tanpa Biaya Transportasi	Dengan Biaya Transportasi
To	0.0694	0.0250
α	0.0298	0.0107
R	96,165.8324	67,894.6818
Z α	1.8843	2.3004
f(Z α)	0.0676	0.0283
$\Psi(Z\alpha)$	0.0116	0.0037
N	186.4323	66.3096
SS	7,663.9432	7,715.2614
Ob	286,746,121,172.8970	286,746,121,172.8970

O _p	1,728,000,000.0000	4,800,561,802.1510
O _s	19,990,897,231.7202	8,534,153,269.8573
O _k	1,691,313,508.3855	1,671,197,529.1755
O _{trp}	-	1,861,017,791.9672
OT	Rp310,156,331,913.00	Rp303,613,051,566.05

Sesuai dengan hasil di atas, diketahui bahwa untuk perhitungan yang sama namun dengan adanya perbedaan parameter berupa biaya transportasi. Untuk total biaya tanpa adanya biaya transportai sebesar Rp. 310.156.331.913 sedangkan total biaya dengan memperhitungkan biaya transportasi sebesar Rp. 303.613.051.566,05. Dapat terlihat bahwa total biaya yang mempertimbangkan biaya transportasi lebih kecil daripada total biaya tanpa adanya biaya transportasi. Hal ini dapat terjadi karena dengan mempertimbangkan biaya transportasi maka ongkos kekurangan bahan baku dan ongkos simpan menjadi lebih kecil dibandingkan dengan tanpa mempertimbangkan biaya transportasi.

9. KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil peramalan kebutuhan bahan baku batubara PT. ABC untuk tahun 2013 adalah sebagai berikut: Januari 56.862 ton; Februari 39.982 ton; Maret 71.629 ton; April 47.686 ton; Mei 55.612 ton; Juni 39.719 ton; Juli 39.719 ton; Agustus 71.497 ton; September 47.666 ton; Oktober 55.612 ton; November 55.614 ton; dan Desember 55.616 ton.

Model P *backorder* dengan mempertimbangkan biaya transportasi dipilih untuk perencanaan persediaan batubara di PT. ABC karena memiliki total biaya yang lebih kecil daripada tanpa biaya transportasi. Total biaya inventori selama satu tahun dengan mempertimbangkan biaya transportasi adalah sebesar Rp. 303.613.051.566,05. dengan waktu antar pemesanan selama 9 hari dan *safety stock* sebesar 7.715,26 ton.

DAFTAR PUSTAKA

- Bahagia, S. N. 2006. *Sistem Inventori*. Bandung. Institut Teknologi Bandung
- Burhan. 2010. Model P Back Order dan Algoritma Permasalahan Inventory Dengan Mempertimbangkan Ongkos Transportasi (Fixed and Variable Cost) – Permintaan Probabilistik. *Jurnal Agrotek*. Vol. 4, No. 2.
- Fogarty, D.W., Blackstone, J.H., and Hoffman, T.R., 1991. *Production & Inventory Control Management*. Cincinnati. South Western Publishing Co.
- Ginting, R. 2007. *Sistem Produksi*. Yogyakarta. Graha Ilmu
- Hadiguna, R.A. 2009. *Manajemen Pabrik*. Edisi Pertama. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Junaedi, E. 2013. Perencanaan Inventori Bahan Baku Pipa Baja SPM dengan Model B Back Order di PT. XYZ. *Tugas Akhir*. Cilegon. Jurusan Teknik Industri. FT. Untirta. (Tidak dipublikasi)
- Pujawan, I. N. 2005. *Supply Chain Management*. Surabaya. Guna Widya
- [Rangkuti, F. 2004. *Manajemen Persediaan: Aplikasi di Bidang Bisnis*. Jakarta. Raja Grafindo Persada.
- Tersine, R.J. 1994. *Principles of Inventory and Materials Management*. Fourth Edition. New Jersey: Prentice-Hall International, Inc.
- Valentine, R. 2013. Penentuan Kebijakan Persediaan Dengan Memperhatikan Parameter Persediaan Menggunakan Model P. *Tugas Akhir*. Cilegon. Jurusan Teknik Industri. FT. Untirta. (Tidak dipublikasi)