

Peramalan Kebutuhan Premium dengan Metode ARIMAX untuk Optimasi Persediaan di Wilayah TBBM Madiun

Nindita Sekar Dini, Haryono, dan Suhartono

Jurusan Statistika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

E-mail: suhartono@statistika.its.ac.id

Abstrak—Tingkat kebutuhan premium semakin melonjak seiring dengan bertambahnya jumlah kendaraan bermotor pribadi yang memenuhi jalan-jalan perkotaan. Tingginya tingkat permintaan BBM seringkali menyebabkan adanya kelangkaan di beberapa wilayah di Indonesia, salah satunya di wilayah selatan Jawa Timur. Kurangnya stok dan rumitnya rantai pasokan untuk menyalurkan BBM menjadi penyebab utama kelangkaan. Variasi kalender seperti jumlah hari libur dan keberadaan hari besar, khususnya hari raya Idul Fitri merupakan salah satu indikator penentu kebutuhan premium pada setiap bulannya. Hasil peramalan dengan menggunakan metode ARIMAX dengan pengaruh kalender variasi merupakan model terbaik yang terpilih, dengan nilai RMSE sebesar 1583,228. Model persediaan probabilistik yang optimum memberikan total biaya perencanaan untuk bulan Agustus yang merupakan bulan terjadinya lebaran pada tahun 2012 adalah sebesar Rp139.778.602.550,00. Kuantitas pemesanan optimum untuk periode perencanaan tersebut adalah 4.982 kL dengan titik pemesanan kembali sebesar 914 kL. Frekuensi pemesanan yang harus dilakukan pada periode Agustus 2012 adalah sebanyak 7 kali pemesanan.

Kata Kunci— Premium, ARIMAX, Kalender variasi, Model persediaan probabilistik

I. PENDAHULUAN

POLA mobilisasi masyarakat Indonesia yang sangat padat menjadikan kendaraan bermotor yang awalnya merupakan kebutuhan tersier bergeser menjadi kebutuhan sekunder, bahkan mungkin primer untuk kebanyakan orang. Seiring dengan pergeseran tingkat kebutuhan tersebut, bahan bakar minyak sebagai materi utama untuk menjalankan mesin kendaraan bermotor pun turut menjadi kebutuhan utama yang selalu dicari masyarakat. Tingginya tingkat permintaan BBM seringkali menyebabkan adanya kelangkaan di beberapa wilayah di Indonesia, salah satunya di wilayah selatan Jawa Timur, khususnya di Kabupaten Trenggalek, Pacitan, dan Ponorogo. Kurangnya stok dan rumitnya rantai pasokan untuk menyalurkan BBM menjadi penyebab utama kelangkaan.

Premium merupakan BBM bersubsidi dengan jumlah permintaan tertinggi di Indonesia, untuk itu penelitian difokuskan pada premium sebagai salah satu produk PT. Pertamina (Persero). Prediksi kebutuhan premium di PT. Pertamina untuk semua wilayah, termasuk Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM) Madiun selama ini dilakukan

dengan banyak metode peramalan, salah satunya adalah dengan menganalisis hubungan beberapa variabel independen dengan variabel tingkat kebutuhan premium. Variasi kalender seperti jumlah hari libur dan keberadaan hari besar, khususnya hari raya Idul Fitri merupakan salah satu indikator penentu kebutuhan premium pada setiap bulannya.

Supply chain management (SCM) merupakan bagian terpenting dari kinerja suatu perusahaan yang bergerak di bidang industri. Pendekatan SCM ini dilakukan untuk mengoptimalkan produksi dan distribusi suatu barang dengan tepat, pada waktu yang tepat, dan biaya yang minimal. Dalam SCM terdapat tiga macam aliran yang harus dikelola, yakni aliran barang dari hulu (*supplier*) ke hilir (pemakai akhir), aliran uang dan sejenisnya yang mengalir dari hilir ke hulu, dan aliran informasi yang mengalir dari hulu ke hilir [1]. Pengelolaan aliran material sebagai tujuan utama dari konsep SCM tidak hanya berarti tepat waktu dan tepat sasaran, tetapi juga harus memiliki jumlah yang sesuai dengan kebutuhan yang sebenarnya. Konsep persediaan menjadi bagian yang penting dalam melaksanakan fungsi tersebut.

Hasil peramalan kebutuhan premium digunakan sebagai salah satu variabel dalam perumusan tingkat persediaan optimum dengan pendekatan *Economic Order Quantity* (EOQ). Volume kebutuhan premium pada TBBM Madiun yang merupakan suatu variabel yang tidak pasti atau berubah-ubah untuk setiap periode didekati dengan model persediaan probabilistik. Model persediaan probabilistik adalah suatu model persediaan dimana tingkat kebutuhan dan atau waktu tunggu dari suatu produk merupakan suatu variabel random. Perbedaan utama antara model persediaan deterministik dan probabilistik adalah adanya *safety stock* (persediaan pengaman) pada model probabilistik sebagai jaminan agar tidak terjadi kondisi *stockout* atau kekurangan persediaan yang disebabkan oleh gangguan alam maupun lingkungan [2].

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan rujukan yang lebih baik mengenai peramalan kebutuhan dan model persediaan yang dapat digunakan oleh PT. Pertamina sebagai usaha untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi kelangkaan premium yang seringkali terjadi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Model ARIMA

Bentuk umum model ARIMA orde (p,d,q) dengan differencing sebanyak d adalah sebagai berikut:

$$\phi_p(B)(1-B)^d Y_t = \theta_0 + \theta_q(B)a_t \tag{1}$$

sedangkan model ARIMA dengan pengaruh seasonal dinyatakan sebagai (Wei, 2006)

$$\phi_p(B)\Phi_P(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D Y_t = \theta_q(B)\Theta_Q(B^S)a_t \tag{2}$$

- dimana:
- p = orde AR
 - q = orde MA
 - $\phi_p(B) = (1 - \phi_1 B - \dots - \phi_p B^p)$
 - $\Phi_P(B^S) = (1 - \Phi_1 B^S - \Phi_2 B^{2S} - \dots - \Phi_P B^{PS})$
 - $\theta_q(B) = (1 - \theta_1 B - \dots - \theta_q B^q)$
 - $\Theta_Q(B^S) = (1 - \Theta_1 B^S - \Theta_2 B^{2S} - \dots - \Theta_Q B^{QS})$

B. Identifikasi Outlier

Suatu observasi dalam serangkaian data disebut sebagai outlier saat observasi tersebut teridentifikasi berbeda dengan observasi yang lain. Terdapatnya outlier menggambarkan bahwa terjadi suatu peristiwa khusus dalam suatu populasi data. Dalam pemodelan time series, outlier diklasifikasikan menjadi additive outlier (AO), innovative outlier (IO), level shift (LS), dan transitory change (TC). Secara umum, model outlier dituliskan sebagai berikut [3].

$$Y_t = \sum_{j=1}^k \omega_j v_j(B) I_j^{(T_j)} + \frac{\theta(B)}{\phi(B)} a_t \tag{3}$$

C. Analisis Time Series dengan Efek Kalender Variasi (Model ARIMAX)

Pemodelan time series dengan menambahkan beberapa variabel yang dianggap memiliki pengaruh yang signifikan terhadap data seringkali dilakukan untuk menambah akurasi peramalan yang dilakukan dalam suatu penelitian. Model ARIMAX adalah modifikasi dari model dasar ARIMA seasonal dengan penambahan variabel prediktor. Efek kalender variasi merupakan salah satu variabel prediktor yang seringkali digunakan dalam pemodelan tersebut. Secara umum, jika Y_t adalah suatu time series dengan efek kalender variasi, maka model ARIMAX ditulis sebagai berikut.

$$Y_t = \beta_1 V_{1,t} + \beta_2 V_{2,t} + \dots + \beta_p V_{p,t} + \frac{\theta_q(B)\Theta_Q(B^S)}{\phi_p(B)\Phi_P(B^S)(1-B)^d(1-B^S)^D} a_t \tag{4}$$

Pemodelan di atas terdiri dari variabel respon, yaitu data time series dan kalender variasi yang berperan sebagai dummy variable. Menurut Lee & Suhartono [4], langkah penyelesaian analisis dengan menggunakan model ARIMAX adalah sebagai berikut:

1. Penentuan variabel dummy berdasarkan periode kalender variasi
2. Melakukan pemodelan regresi dengan persamaan:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 V_{1,t} + \beta_2 V_{2,t} + \dots + \beta_p V_{p,t} + w_t \tag{5}$$

3. Memodelkan residual hasil analisis regresi dengan menggunakan model ARIMA
4. Melakukan pemodelan keseluruhan untuk ARIMAX
5. Melakukan pengecekan signifikansi parameter dan tes diagnosa sehingga proses stasioner dan error dari model mencapai kondisi white noise.

D. Evaluasi Model

Evaluasi model digunakan untuk melakukan pemilihan model terbaik dari beberapa kemungkinan model time series yang didapatkan. Untuk pemilihan model berdasarkan data in-sample, kriteria yang digunakan adalah Akaike's Information Criterion (AIC) dan Schwartz's Bayesian Criterion (SBC) (Wei, 2006).

$$AIC(M) = n \ln \hat{\sigma}_\alpha^2 + 2M \tag{6}$$

$$SBC(M) = n \ln \hat{\sigma}_\alpha^2 + M \ln n \tag{7}$$

dimana

M = jumlah parameter

n = jumlah pengamatan

Root mean square error (RMSE) juga merupakan salah satu indeks yang dapat digunakan untuk mengevaluasi ketepatan model time series yang digunakan. Lee & Suhartono [4] menyatakan perhitungan RMSE untuk data out-sample adalah sebagai berikut:

$$RMSE_{out} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (Y_t - \hat{Y}_t)^2}{n}} \tag{8}$$

dimana n adalah jumlah peramalan. Model terbaik yang dipilih merupakan model dengan nilai RMSE terkecil.

E. Model Persediaan Probabilistik

Suatu model persediaan dikatakan sebagai model probabilistik jika tingkat permintaan dan atau lead time (waktu tunggu selama pemesanan) merupakan suatu variabel random [3]. Perbedaan utama yang menjelaskan tentang model persediaan deterministik dan probabilistik adalah keberadaan safety stock atau persediaan pengaman yang dimunculkan untuk mengatasi ketidakpastian akan tingkat permintaan maupun lead time yang menjadi variabel random dalam model tersebut. Safety stock menjadi penting untuk mencegah terjadinya kekurangan yang mungkin muncul dalam permasalahan persediaan dengan tingkat permintaan dan atau lead time yang berubah-ubah. Penelitian ini dibatasi pada kondisi lead time yang konstan, dan hanya tingkat permintaanlah yang memiliki distribusi variabel random tersendiri.

Distribusi normal adalah distribusi statistik untuk tingkat permintaan yang paling banyak ditemui pada kejadian sehari-hari. Jika tingkat permintaan berdistribusi normal, maka titik pemesanan kembali (reorder point) dalam satuan unit yang dinyatakan dengan notasi B dapat dihitung dengan formula:

$$B = \bar{M} + ss = \bar{M} + Z\sigma \tag{10}$$

F. Biaya-biaya Persediaan

Dalam model persediaan probabilistik, perhitungan total biaya dilakukan dengan memperhitungkan variabel-variabel ketidakpastian yang banyak dijumpai dalam model. Salah satu biaya yang muncul dalam model persediaan probabilistik adalah biaya kekurangan persediaan. Biaya ini timbul jika kebutuhan barang selama waktu tunggu (*lead time demand*) melebihi titik *reorder point*. Probabilitas terjadinya kondisi tersebut dinyatakan dalam persamaan (11).

$$P(M > B) = \int_B^{\infty} f(M) dM \quad (11)$$

dengan ekspektasi kekurangan persediaan adalah

$$E(M > B) = \int_B^{\infty} (M - B) f(M) dM \quad (12)$$

dimana $f(M)$ adalah fungsi kepadatan probabilitas untuk variabel *lead time demand*, sehingga biaya pemesanan dapat dinyatakan seperti pada persamaan (13)

$$SC = A \frac{D}{Q} \int_B^{\infty} (M - B) f(M) dM = \frac{AD}{Q} E(M > B) \quad (13)$$

dengan A = biaya kekurangan persediaan

Jika *lead time demand* berdistribusi normal, maka ekspektasi kekurangan persediaan dapat dijabarkan sebagai:

$$E(M > B) = \sigma \left[\frac{B - \bar{M}}{\sigma} \right] + (\bar{M} - B) F \left[\frac{B - \bar{M}}{\sigma} \right] \quad (14)$$

Selain biaya kekurangan persediaan, biaya penyimpanan yang terjadi pada model persediaan probabilistik juga memiliki keunikan tersendiri. Hal ini muncul karena ekspektasi rata-rata persediaan yang dibutuhkan dalam suatu periode juga dipengaruhi oleh keberadaan variabel *lead time demand*. Biaya penyimpanan dihitung dengan persamaan (15).

$$HC = H \left(\frac{Q}{2} + B - \bar{M} \right) \quad (15)$$

sehingga, biaya total yang harus dikeluarkan untuk persediaan adalah:

$$TC = \frac{D}{Q} (S + AE(M > B)) + H \left(\frac{Q}{2} + B - \bar{M} \right) + PD \quad (16)$$

G. Jumlah Pemesanan dan Safety Stock Optimal

Pengendalian persediaan optimal adalah suatu sistem yang dapat memelihara antara kebutuhan dengan biaya yang timbul akibat adanya persediaan [2]. Optimasi persediaan ini dilakukan dengan menentukan besarnya pesanan optimal dan titik pemesanan kembali. Secara umum, besarnya ukuran pesanan dihitung dengan menurunkan biaya total terhadap Q dan disamadengarkan nilai nol, sehingga diperoleh perhitungan untuk jumlah pesanan optimal adalah sebagai berikut

$$Q^* = \sqrt{\frac{2D(S + AE(M > B))}{H}} \quad (17)$$

Perhitungan selanjutnya untuk mengetahui titik pemesanan kembali dilakukan dengan cara yang sama, namun diferensiasi dilakukan terhadap B , sehingga

$$B = \int_B^{\infty} f(M) dM = \frac{HQ}{AD} \quad (18)$$

Perhitungan besarnya *safety stock* yang dibutuhkan dalam satu periode pemesanan dihitung dengan menggunakan persamaan (19).

$$ss = E(M - B) = B - \bar{M} \quad (19)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data sekunder yang diperoleh dari PT. Pertamina (Persero) Region V. Data tersebut merupakan data realisasi penjualan premium bulanan dari tahun 2008-2011, data *lead time demand* harian premium, serta biaya-biaya yang dibutuhkan dalam melakukan persediaan. Data yang digunakan untuk membentuk model atau data *training* adalah data dari bulan Januari 2006 hingga Desember 2010, yaitu sejumlah 60 data. Sementara data untuk melakukan pemilihan hasil peramalan terbaik atau data *testing* adalah data dari bulan Januari 2011 hingga bulan Desember 2011 atau sejumlah 12 data.

Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Melakukan pemodelan ARIMA
2. Membuat model ARIMAX dengan pengaruh kalender variasi
3. Membandingkan hasil peramalan model ARIMA dan ARIMAX dan melakukan peramalan dengan menggunakan model terbaik yang didapatkan
4. Melakukan pengecekan distribusi variabel *lead time demand* harian untuk produk premium di wilayah TBBM Madiun
5. Menghitung jumlah pesanan optimal, titik *reorder point*, dan ekspektasi kekurangan persediaan dengan metode iterasi sehingga mencapai titik konvergen
6. Menghitung besarnya *safety stock* yang dibutuhkan selama satu periode pemesanan
7. Menghitung total biaya yang dikeluarkan untuk melakukan persediaan.

IV. HASIL DAN DISKUSI

A. Statistika Deskriptif Penjualan Premium

Data penjualan premium di wilayah TBBM Madiun selama tahun 2006-2011 ditunjukkan pada nilai statistik dalam Tabel 1. Nilai statistik deskriptif penjualan premium di wilayah TBBM Madiun di atas menunjukkan bahwa nilai rata-rata penjualan premium per bulan adalah sebanyak 23.527 kL. Nilai standar deviasi dari penjualan per bulan secara keseluruhan adalah sebesar 3.578 kL. Penjualan minimum yang terjadi selama tahun 2006-2011 adalah sebesar 16.092 kL, sementara penjualan maksimum adalah sebesar 32.981

kL. Statistik deskriptif per tahun menunjukkan bahwa cenderung terjadi kenaikan penjualan premium di wilayah TBBM Madi-un. Namun pada tahun 2009, terjadi penurunan penjualan yang cukup signifikan.

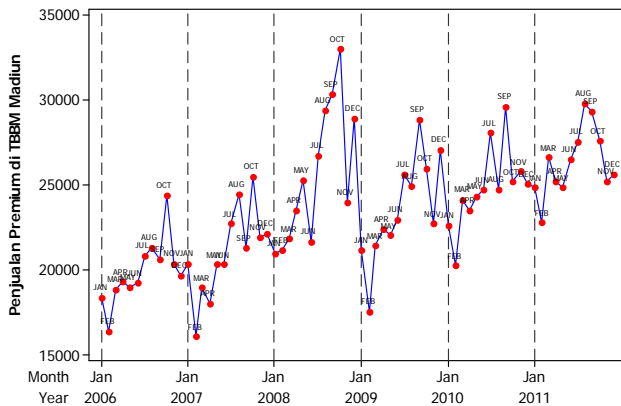
Tabel 1.

Statistika Deskriptif Penjualan Premium di TBBM Madiun

Tahun	n	Mean	Std Deviasi	Minimum	Maksimum
2006	12	19870	1938	16406	24418
2007	12	12011	2631	16092	25509
2008	12	25561	4061	20983	32981
2009	12	23559	3062	17566	28844
2010	12	24835	2383	20272	29597
2011	12	26328	1995	22799	29782
Keseluruhan	72	23527	3578	16092	32981

B. Identifikasi Pola Data

Time series plot pada gambar 1 menunjukkan fluktuasi penjualan premium setiap bulannya selama tahun 2006-2011. Pada bulan-bulan terjadinya lebaran, peningkatan penjualan premium semakin terlihat dan berulang setiap tahunnya. Selain efek kalender variasi, berdasarkan plot time series dan nilai statistik deskriptif per tahun juga terdapat indikasi adanya perubahan pola data yang terjadi sejak tahun 2009. Perubahan ini menimbulkan ada dua jenis pola dalam data yang digunakan, yaitu data pada tahun 2006-2008 dan data pada tahun 2009-2011. Perubahan pola data ini diindikasikan sebagai jenis “level shift”.



Gambar. 1. Time Series Plot Penjualan Premium.

C. Peramalan Permintaan Premium dengan Model ARIMA

Analisis dengan menggunakan model ARIMA sederhana dilakukan dengan memasukkan data outlier ke-37 ke dalam model peramalan. Pengujian parameter menunjukkan bahwa seluruh parameter yang digunakan dalam model telah signifikan dengan p-value untuk seluruh parameter yang bernilai kurang dari 5%. Residual model ARIMAX (0,1,1)(1,0,0)¹² telah mencapai kondisi white noise, ditunjukkan dengan p-value yang bernilai lebih dari 5%. Hasil pengujian normalitas residual model tersebut juga telah menunjukkan bahwa residual model berdistribusi normal dengan p-value yang bernilai lebih dari 0,15 atau lebih besar dari taraf nyata 5%.

Model ARIMA dengan penambahan outlier tersebut dituliskan secara matematis sebagai berikut.

$$y_t = -\frac{5682.1}{(1-B)} I_s^{(37)} + \frac{(1-0.686B^{12})}{(1-B)(1-0.654B^{12})} a_t$$

D. Peramalan Permintaan Premium dengan Model ARIMAX Efek Kalender Variasi

Efek bulan terjadinya lebaran pada model dinyatakan dalam variabel dummy D_{1t}. Terjadinya perubahan pola data sejak tahun 2009 dinyatakan pula dalam suatu variabel dummy, yaitu D_{2t}. Variabel ini memisahkan antara pola data sejak tahun 2006-2008 dan pola data dari tahun 2009-2011. Variabel ini juga digunakan untuk menangkap perubahan trend yang terjadi mulai tahun 2009. Plot data yang digunakan juga menunjukkan bahwa adanya trend naik pada penjualan premium di wilayah TBBM Madiun. Hal ini coba ditangkap dengan menggunakan variabel dummy t dengan nilai 1 sampai 72 sesuai dengan jumlah data yang digunakan.

Hasil analisis regresi dengan variabel-variabel dummy tersebut dinyatakan dalam model sebagai berikut:

$$Y_t = 17999 + 4823 D_{1t} + 203 t - 4530 D_{2t} + n_t$$

Pemodelan ARIMAX dilakukan dengan menganalisis residual hasil pemodelan regresi. Berdasarkan plot ACF dan PACF data residual, maka terdapat 4 kemungkinan model ARIMA yang dapat digunakan untuk data residual tersebut, yaitu (0,0,1)(0,0,1)¹², (0,0,1)(1,0,0)¹², (1,0,0)(0,0,1)¹² dan (1,0,0)(1,0,0)¹². Dengan menggunakan empat kemungkinan model tersebut, maka dilakukan pemodelan ARIMAX. Model ARIMAX yang digunakan adalah model deterministik dimana variabel dummy t merupakan salah satu variabel yang menjadi input dalam model tersebut. Pemeriksaan model terbaik dilakukan dengan melihat nilai AIC, SBC, dan RMSE untuk data in-sample dan out-sample.

Tabel 2.

Pemilihan Model ARIMAX Terbaik

Model	AIC	SBC	RMSE in	RMSE out
ARIMAX-1	1076,883	1089,449	1728,634	1716,132
ARIMAX-2	1076,594	1089,16	3856,045	1663,009
ARIMAX-3	1075,141	1087,707	1703,723	1652,918
ARIMAX-4	1074,658	1087,224	1696,88	1583,228

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai kriteria yang digunakan untuk memilih model terbaik adalah pada model ARIMAX-4. Pemilihan model ini dilakukan dengan melihat nilai AIC, SBC, dan RMSE baik untuk data in-sample maupun data out-sample yang paling kecil dari keseluruhan kemungkinan model. Model ARIMAX-4 secara matematis dinyatakan sebagai:

$$Y_t = 180384 + 209,97t + 39398D_{1t} - 46669D_{2t} + \frac{1}{(1-0,372B)(1-0,490B^{12})} a_t$$

E. Perbandingan Model ARIMA dan ARIMAX

Hasil peramalan dengan menggunakan ARIMA dan ARIMAX dibandingkan untuk mengetahui model mana yang paling baik untuk meramalkan tingkat kebutuhan premium di wilayah TBBM Madiun. Perbandingan model dilakukan dengan melihat kriteria kebaikan model, yaitu AIC, SBC, dan RMSE untuk in-sample maupun out-sample.

Tabel 3.
Perbandingan Model ARIMA dan ARIMAX

Model	AIC	SBC	RMSE <i>in</i>	RMSE <i>out</i>
ARIMA	1070,73	1076,963	1967,102	1632,174
ARIMAX	1074,658	1087,224	1696,88	1583,228

Hasil perbandingan kedua model peramalan menunjukkan bahwa RMSE data *in-sample* maupun data *out-sample* untuk model ARIMAX dengan efek kalender variasi bernilai lebih kecil daripada model ARIMA. Maka dapat disimpulkan bahwa model yang lebih baik untuk peramalan kebutuhan premium di wilayah TBBM Madiun adalah model ARIMAX dengan efek kalender variasi. Hasil peramalan kebutuhan premium dari model ARIMAX ditampilkan pada tabel 5.

Tabel 4.
Hasil Peramalan Kebutuhan Premium di Wilayah TBBM Madiun

t	Y _t	95% CI	
Januari 2012	26.738,63	23.393,78	30.083,48
Februari 2012	26.138,21	22.564,02	29.712,40
Maret 2012	28.445,50	24.839,96	32.051,04
April 2012	27.839,25	24.229,29	31.449,21
Mei 2012	27.740,92	24.130,33	31.351,51
Juni 2012	28.746,12	25.135,44	32.356,80
Juli 2012	29.373,56	25.762,87	32.984,25
Agustus 2012	32.251,00	28.640,31	35.861,70
September 2012	30.516,46	26.905,77	34.127,15
Oktober 2012	29.658,43	26.047,74	33.269,13
Nopember 2012	28.469,85	24.859,16	32.080,54
Desember 2012	28.796,03	25.185,34	32.406,72

F. Model Persediaan Probabilistik untuk Kebutuhan Premium

Berikut merupakan variabel biaya yang dibutuhkan untuk menghitung total biaya persediaan minimum

a. Biaya Pembelian

Biaya pembelian produk premium dalam satuan kilo liter adalah sebesar Rp4.320.000,00. Nilai ini merupakan selisih dari harga jual premium di pasaran dengan margin penjualan premium.

b. Biaya Pemesanan

Biaya pemesanan yang digunakan merupakan biaya transportasi yang digunakan untuk melakukan pengiriman premium dari *loading port* menuju TBBM Madiun, yaitu sebesar Rp32.956.000,00.

c. Biaya Penyimpanan

Perhitungan biaya penyimpanan oleh PT. Pertamina didasarkan pada biaya-biaya operasi, *maintenance*, dan biaya *overhead* korporasi yang terjadi pada TBBM dengan total sebesar Rp89.780,00 per kL.

d. Biaya Kekurangan Persediaan

Pada penelitian ini, biaya kekurangan persediaan diasumsikan sebesar 1% dari harga produk, atau sebesar Rp43.200,00.

Setelah diketahui biaya-biaya yang dibutuhkan dalam proses persediaan, maka dapat dilakukan analisis persediaan untuk meminimumkan biaya yang dikeluarkan. Analisis dilakukan dengan menggunakan data hasil peramalan untuk bulan Januari 2012. Pada tahap ini dilakukan perhitungan jumlah pesanan, titik pemesanan kembali, dan *safety stock* yang optimum untuk model persediaan. Perhitungan

dilakukan dengan menggunakan tahapan iterasi hingga variabel-variabel yang dihitung mencapai kondisi konvergen.

Hasil iterasi menunjukkan bahwa perhitungan ekspektasi kekurangan persediaan mencapai titik yang konvergen pada iterasi ke-9. Perhitungan tersebut juga memberikan nilai yang optimal untuk variabel jumlah pemesanan dan titik pemesanan kembali sebagai berikut:

$$Q^* = 4.554,532 \text{ kL} \approx 4.555 \text{ kL}$$

$$B = 898,93 \text{ kL} \approx 899 \text{ kL}$$

$$ss = B - \bar{M} = 899 - 836 = 63 \text{ kL}$$

Hasil iterasi perhitungan di atas menunjukkan bahwa tingkat pemesanan optimum yang harus dilakukan oleh perusahaan adalah sebesar 4.555 kL setiap kali pesan. Pemesanan kembali dilakukan ketika persediaan yang ada pada tangki di TBBM telah mencapai level 900 kL, dengan persediaan penyangga sebesar 64 kL. Maka, dalam satu periode perencanaan, perusahaan akan melakukan pemesanan sebanyak 6 kali pemesanan.

Biaya total yang diperlukan dalam periode bulan Januari 2012 adalah sebesar Rp114.369.090.801,00. Dengan menggunakan harga jual di pasaran sebesar Rp4.500,00 per liter, maka dapat dihitung keuntungan yang didapatkan selama periode bukan Januari 2012 adalah sebesar Rp4.336.409.199,00.

Analisis model persediaan probabilistik juga dilakukan untuk nilai peramalan permintaan yang tertinggi pada tahun 2012, yaitu pada bulan terjadinya lebaran. Langkah ini dilakukan untuk membandingkan model persediaan pada bulan reguler dan bulan dengan permintaan yang tinggi atau pada bulan lebaran.

Nilai peramalan kebutuhan pada bulan terjadinya lebaran tahun 2012, yaitu pada bulan Agustus adalah sebesar 32251 kL. Tingkat pemesanan, titik pemesanan kembali, dan *safety stock* yang optimum adalah:

$$Q^* = 4981,941 \approx 4982 \text{ kL}$$

$$B = 914,09 \approx 914 \text{ kL}$$

$$ss = B - \bar{M} = 914 - 836 = 78 \text{ kL}$$

Total biaya yang dikeluarkan untuk periode bulan Agustus 2012 adalah sebesar Rp139.778.602.550,00. Dengan menggunakan harga jual premium di pasaran sebesar Rp4.500,00, maka keuntungan yang diperoleh pada bulan Agustus 2012 adalah sebesar Rp5.350.897.450,00.

V. KESIMPULAN

Hasil pembahasan dan analisa yang telah dilakukan memberikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Model peramalan yang terbaik untuk prediksi kebutuhan bulanan premium di wilayah TBBM Madiun adalah model ARIMAX-4 dengan efek kalender variasi. Variabel *input D_{1t}* untuk menangkap efek bulan-bulan terjadinya lebaran, *D_{2t}* untuk menangkap efek perubahan pola data sejak tahun 2009, dan variabel *t* untuk menangkap trend kenaikan data. Model ARIMAX ini signifikan dengan nilai RMSE untuk data *out-sample* sebesar 1583,228. Hasil peramalan kebutuhan premium untuk bulan Januari 2012 adalah

sebesar 26738.63 kL, sementara untuk bulan Agustus 2012 atau bulan terjadinya lebaran pada tahun 2012 adalah sebesar 32251 kL.

2. Tingkat pemesanan optimum untuk periode bulan Januari 2012 adalah sebesar 4.555 kL dengan titik pemesanan kembali sebesar 900 kL. *Safety stock* yang diperlukan untuk periode ini adalah sebesar 64 kL, dan perlu dilakukan pemesanan sebanyak 6 kali dalam satu periode. Biaya total untuk periode perencanaan Januari 2012 adalah Rp114.369.090.801,00. Sementara untuk periode terjadinya lebaran pada tahun 2012, yaitu bulan Agustus, tingkat pemesanan optimum adalah sebesar 4982 kL dengan titik pemesanan kembali sebesar 914 kL. *Safety stock* untuk periode Agustus 2012 adalah sebesar 78 kL dengan frekuensi pemesanan sebanyak 7 kali. Biaya total untuk periode Agustus 2012 adalah sebesar Rp139.778.602.550,00.

Hasil pengamatan yang didapatkan masih melibatkan berbagai asumsi biaya karena ketidakterediaan data. Biaya-biaya persediaan yang digunakan untuk pemodelan persediaan probabilistik perlu diamati dengan lebih cermat lagi, agar benar-benar sesuai dengan kondisi perusahaan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada PT. Pertamina (Persero) Region V sebagai penyedia data yang digunakan dalam menyusun makalah ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Bapak Haryono, MSIE dan Bapak Dr. Suhartono selaku dosen pembimbing, serta Bapak Dr. Sony Sunaryo dan Bapak M. Sjahid Akbar, M.Si sebagai dosen penguji.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pujawan, I. N., & Mahendrawathi. (2010). *Supply Chain Management*, Edisi Kedua. Surabaya: Guna Widya.
- [2] Tersine, R. J. (1994). *Principles of Inventory and Materials Management*, 4th Edition. New Jersey: Prentice Hall.
- [3] Wei, W. W. S. (2006). *Time Series Analysis: Univariate and Multivariate Methods*, 2nd Edition. New York: Pearson.
- [4] Lee, H. M., & Suhartono. (2010). Calendar Variation Model Based on ARIMAX for Forecasting Sales Data with Ramadhan Effect. *Proceedings of the Regional Conference on Statistical Sciences*, 5.