

Analisis Pengendalian Persediaan Produk dengan Metode *Economic Order Quantity Multi-Item* Menggunakan Algoritma Genetika untuk Mengefisienkan Biaya Persediaan Hasil Peramalan Berbasis *Exponential Smoothing*

(*Product Inventory Control Analysis with Economic Order Quantity Multi-Item Methods Using Genetic Algorithm to Minimize Inventory Cost of Forecasting Results Based On Exponential Smoothing*)

Indri Utami¹, Sri Wahyuningsih², Memi Nor Hayati³

¹Mahasiswa Program Studi Statistika Fakultas MIPA Universitas Mulawarman

^{2,3}Dosen Program Studi Statistika Fakultas MIPA Universitas Mulawarman

Jl. Barang Tongkok Kampus Gn. Kelua Samarinda-Kalimantan Timur

E-mail: indriutami41@yahoo.com¹, swahyuningsih@gmail.com², meminorhayati@yahoo.com³

Abstract

Exponential smoothing methods is quantitative forecasting methods are commonly used because of its simplicity. In the case of inventory control, the company must have a good planning system for forecasting result obtained to get maximum benefit. Economic Order Quantity methods with genetic algorithm is used to solve the case of inventory control multi-item to avoid a lot of calculations from analytic methods. The purpose of this research is to create forecasting programs based on exponential smoothing using MATLAB programming language and use the program to predict demand of Fanta 250 mL, Sprite 250 mL, Pulpy Orange, Sprite 1 L, Fanta 1 L and Coca Cola 1 L at Toko Lestari Bakut on June and July 2015, and minimize total inventory cost of forecasting results by using Economic Order Quantity Multi-Item method with MATLAB programming language. Scripts of forecasting program based on exponential smoothing and scripts of inventory control multi-item by using genetic algorithm have been created in the MATLAB programming language. Total inventory cost obtained is Rp 51.422.000.000 by organizing supply every two or three days.

Keywords: Genetic algorithm, MATLAB programming language, exponential smoothing, Economic Order Quantity Multi-Item methods, forecasting, inventory.

Pendahuluan

Dalam ilmu statistik, terdapat berbagai macam metode peramalan yang dapat digunakan. salah satunya adalah metode pemulusan. Kelebihan utama dari penggunaan metode pemulusan (*smoothing*) adalah kemudahan dan biaya yang rendah. Selain itu, jika diperlukan peramalan ribuan *item*, seperti banyak kasus sistem persediaan, maka metode pemulusan sering kali merupakan satu-satunya metode yang dapat dipakai.

Terdapat banyak metode *exponential smoothing* yang berbeda, dan paling sedikit satu diantaranya biasanya dapat dipakai untuk suatu pola data tertentu bila pola data dasarnya diketahui. Jika pola datanya bersifat stasioner, maka metode *single exponential smoothing* dapat digunakan. Tetapi jika datanya mengandung pola *trend* aditif atau *trend* linier, maka *double exponential smoothing* dengan metode dua parameter dari Holt yang digunakan.

Untuk deret data musiman, *triple exponential smoothing* dengan metode Winters merupakan satu-satunya pendekatan pemulusan yang banyak digunakan. Selain itu, terdapat pula metode *exponential smoothing*, seperti klasifikasi Pegels, yang memisahkan aspek *trend* dan musiman

apakah bersifat aditif (linier) atau multiplikatif (nonlinier) (Makridakis dkk, 1999).

Dalam hal manajemen, suatu perusahaan harus memiliki sistem perencanaan yang baik terhadap hasil peramalan kuantitatif yang telah diperoleh agar dapat memperoleh hasil optimal dan mengambil keputusan yang tepat dalam menghadapi persaingan bisnis. Salah satunya dalam masalah pengendalian persediaan perusahaan.

Metode *Economic Order Quantity* (EOQ) merupakan suatu metode yang dapat digunakan untuk memperoleh jumlah pemesanan optimum. Selain itu, metode ini merupakan salah satu metode yang sering digunakan dalam menyelesaikan masalah-masalah persediaan karena selain dapat memperoleh jumlah pemesanan yang optimum, metode ini juga dapat digunakan untuk meminimumkan total biaya persediaan dan menyesuaikan waktu pemesanan kembali produk tersebut agar tidak terjadi kekosongan persediaan (Aminudin, 2005).

Untuk kasus persediaan yang lebih kompleks seperti kasus persediaan *multi-item*, dimana lebih dari satu produk dipesan pada satu pemasok yang sama, tentunya akan memerlukan perhitungan pemesanan optimum yang lebih sukar karena

fungsi fitness-nya merupakan fungsi nonlinier sehingga mengakibatkan semakin luasnya lingkup populasi pencarian dan semakin banyaknya kombinasi penyelesaian. Maka agar lebih efektif, pencarian nilai optimum untuk masalah persediaan *multi-item* dengan metode EOQ, dapat digabungkan dengan salah satu metode heuristik, yaitu algoritma genetika.

Algoritma genetika merupakan metode pencarian yang didasarkan pada proses evolusi alamiah, yaitu terbentuknya populasi awal secara acak yang terdiri dari individu-individu dengan sifat yang tergantung pada gen-gen dalam kromosomnya. Nilai optimum yang didapat dari algoritma genetika disamakan dengan keturunan yang mempunyai kemampuan mempertahankan diri paling tinggi yang dicari dalam seluruh populasi dari awal hingga akhir.

Tujuan penelitian ini adalah membuat program peramalan berbasis *exponential smoothing* dalam bahasa pemrograman MATLAB dan meramalkan data permintaan konsumen terhadap produk Fanta 250 mL, Sprite 250 mL, Pulpy Orange, Sprite 1 L, Fanta 1 L, dan Coca Cola 1 L di toko Lestari Bakut dengan program tersebut dan kemudian mengoptimalkan pemesanan keenam produk dengan metode *Economic Order Quantity Multi-item* menggunakan algoritma genetika yang dibuat dalam bahasa pemrograman MATLAB.

Exponential Smoothing

Metode ini disebut prosedur *exponential smoothing* karena metode ini menunjukkan pembobotan menurun secara eksponensial terhadap nilai pengamatan yang lebih tua. Dalam *exponential smoothing*, terdapat satu atau lebih parameter pemulusan yang ditentukan secara eksplisit, dan hasil pilihan ini menentukan bobot yang dikenakan pada nilai observasi (Makridakis dkk, 1999).

a) Single Exponential Smoothing

Digunakan apabila Z_t bersifat stationer.

$$F_{t+1} = \alpha Z_t + (1 - \alpha)F_t \quad (1)$$

dimana:

F_{t+1} : Forecast untuk periode ke $t+1$

Z_t : Data pada periode t

α : Parameter pemulusan

b) Double Exponential Smoothing: Metode Dua Parameter dari Holt

Digunakan apabila Z_t bersifat *trend* aditif.

$$S_t = \alpha Z_t + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (2)$$

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (3)$$

$$F_t = S_t + b_t m \quad (4)$$

dimana:

S_t : Nilai *exponential smoothing*

b_t : Faktor *trend*

m : Jumlah periode ke depan yang diramalkan

α, γ : Parameter pemulusan

F_{t+m} : Forecast untuk periode ke $t+m$

c) Triple Exponential Smoothing: Metode Kecenderungan dan Musiman Tiga Parameter dari Winter

Digunakan apabila Z_t bersifat *trend* aditif musiman multiplikatif.

$$S_t = \alpha \frac{Z_t}{I_{t-L}} + (1 - \alpha)(S_{t-1} + b_{t-1}) \quad (5)$$

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (6)$$

$$I_t = \beta \frac{Z_t}{S_t} + (1 - \beta)I_{t-L} \quad (7)$$

$$F_{t+m} = (S_t + b_t m)I_{t-L+m} \quad (8)$$

dimana:

S_t : Nilai *exponential smoothing*

b_t : Faktor *trend*

I_t : Indeks Musiman

m : Jumlah periode ke depan yang diramalkan

α, γ : Parameter pemulusan

F_{t+m} : Forecast untuk periode ke $t+m$

d) Exponential Smoothing: Klasifikasi Pegels

Pertimbangan penting dalam menghadapi metode *exponential smoothing* yang menyangkut pemisahan aspek *trend* dan musiman adalah apakah modelnya bersifat aditif (linier) atau multiplikatif (nonlinier) (Makridakis, 1999).

$$S_t = \alpha P + (1 - \alpha)Q \quad (9)$$

Tabel 1. Simbol yang Digunakan pada Persamaan (9)

| Komponen | Komponen Musiman | | |
|----------------------|--------------------------------------|--|--|
| | 1 | 2 | 3 |
| <i>Trend</i> | (tidak ada) | (aditif) | (multiplikatif) |
| A (tidak ada) | $P = Z_t$ $Q = Z_{t-1}$ | $P = Z_t - I_{t-L}$ $Q = S_{t-1}$ | $P = Z_t / I_{t-L}$ $Q = S_{t-1}$ |
| B (aditif) | $P = Z_t$ $Q = Z_{t-1} + b_{t-1}$ | $P = Z_t - I_{t-L}$ $Q = Z_{t-1} + b_{t-1}$ | $P = Z_t / I_{t-L}$ $Q = Z_{t-1} + b_{t-1}$ |
| C (multiplikatif) | $P = Z_t$ $Q = S_{t-1} b_{t-1}$ | $P = Z_t - I_{t-L}$ $Q = S_{t-1} b_{t-1}$ | $P = Z_t / I_{t-L}$ $Q = S_{t-1} b_{t-1}$ |

dimana:

Trend aditif

$$b_t = \gamma(S_t - S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (10)$$

Trend multiplikatif

$$b_t = \gamma(S_t / S_{t-1}) + (1 - \gamma)b_{t-1} \quad (11)$$

Musiman aditif

$$I_t = \beta(Z_t - S_t) + (1 - \beta)I_{t-L} \quad (12)$$

Musiman multiplikatif

$$I_t = \beta \frac{Z_t}{S_t} + (1 - \beta)I_{t-L} \quad (13)$$

Tabel 2. Hasil Peramalan dengan Klasifikasi Pegels^a

| Komponen Trend | Komponen Musiman | | |
|-------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|
| | 1 (tidak ada) | 2 (aditif) | 3 (multiplikatif) |
| A (tidak ada) | S_t | $S_t + I_{t-L+m}$ | $S_t I_{t-L+m}$ |
| B (aditif) | $S_t + mb_t$ | $S_t + mb_t + I_{t-L+m}$ | $(S_t + mb_t) I_{t-L+m}$ |
| C (multiplikatif) | $S_t b_t^m$ | $S_t b_t^m + I_{t-L+m}$ | $S_t I_{t-L+m} b_t^m$ |

^anilai dalam sel merupakan F_{t+m}

Ketepatan Peramalan

Ketepatan ramalan adalah bagaimana mengukur kesesuaian suatu metode peramalan tertentu untuk suatu kumpulan data yang diberikan (Aswi dan Sukarna, 2006).

Beberapa kriteria yang dapat digunakan untuk menguji ketepatan peramalan antara lain MAE (Mean Absolute Error),

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |e_t| \quad (14)$$

dan Mean Square Error (MSE),

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n e_t^2 \quad (15)$$

dimana n adalah banyaknya galat dan

$$e_t = (Z_t - F_t) \quad (16)$$

(Makridakis dkk, 1999).

Selain MAE dan MSE, ketepatan peramalan dapat pula diukur menggunakan ukuran relatif yaitu Symmetric Mean Absolute Percentage Error (SMAPE). SMAPE adalah sebuah alternatif dari Mean Absolute Percentage Error (MAPE) ketika ada nilai data deret waktu yang sama dengan nol atau cukup kecil. Batas nilai kesalahan untuk SMAPE adalah 200%.

$$SMAPE = 2 \sum_{t=1}^n |PE_t| / n \quad (17)$$

dimana

$$PE_t = \left(\frac{e_t}{Z_t + F_t} \right) (100) \quad (18)$$

(Vanguard Software Corporation, 2011)

Persediaan

a) Pengertian

Persediaan dapat berupa bahan mentah, bahan pembantu, bahan dalam proses, barang jadi, ataupun suku cadang. (2.29)atakan persediaan hanyalah suatu sumber dana mengganggu, karena sebelum persediaan digunakan berarti dana terikat di dalamnya tidak dapat digunakan untuk keperluan lain (Herjanto, 2008).

b) Pengendalian Persediaan (Inventory Control)

Sistem pengendalian persediaan dapat didefinisikan sebagai serangkaian kebijakan pengendalian untuk menentukan tingkat persediaan yang harus dijaga, kapan pesanan untuk menambah persediaan harus dilakukan dan berapa besar pesanan harus diadakan. Sistem ini menentukan dan menjamin tersedianya persediaan yang tepat dalam kuantitas dan waktu yang tepat (Herjanto, 2008).

Model Economic Order Quantity (EOQ) Klasik Multi-item

EOQ klasik *multi-item* merupakan model EOQ untuk pembelian bersama beberapa jenis produk atau *item*, dengan asumsi:

1. Tingkat permintaan untuk setiap produk bersifat konstan dan diketahui dengan pasti.
2. Lead time (L_t) untuk setiap produk-nya sama.
3. Biaya pemesanan untuk setiap produk-nya sama.
4. Kedatangan pesanan serta merta atau sekaligus.

Fungsi persediaannya, yaitu:

$$TIC = \left(\frac{Co' + \sum_{i=1}^n Co_i''}{Qrp} \right) Drp + \left(\frac{\sum_{i=1}^n (2.32)}{2} \right) + Drp \quad (19)$$

dengan

$$Drp_i = D_i \times Cp_i \quad (20)$$

$$Drp = \sum_{i=1}^n Drp_i$$

$$Qrp = \sum_{i=1}^n Qrp_i \quad (21)$$

Nilai EOQ optimal dalam rupiah yang akan meminimumkan TIC adalah:

$$Qrp = \sqrt{\frac{2 \left(Co' + \sum_{i=1}^n Co_i'' \right) Drp}{C_h}} \quad (22)$$

Dan EOQ untuk masing-masing item dalam rupiah adalah:

$$Qrp_i = \left(\frac{Drp_i}{Drp} \right) Qrp \quad (23)$$

Maka diperoleh EOQ untuk masing-masing item adalah sebagai berikut:

$$Q_i = \frac{Qrp_i}{Cp_i} \quad (24)$$

dimana:

- n : banyaknya produk
- Cp_i : harga beli per unit untuk produk ke- i (Rp)
- Drp : biaya pembelian per periode perencanaan (Rp)
- Drp_i : biaya pembelian per periode perencanaan untuk produk ke- i (Rp)
- D_i : jumlah permintaan per periode perencanaan untuk produk ke- i (unit)
- Q_i : jumlah pemesanan per periode perencanaan untuk produk ke- i (unit)
- Qrp : EOQ optimum per periode perencanaan (Rp)
- Qrp_i : EOQ optimum per periode perencanaan untuk produk ke- i (Rp)
- Co' : biaya pemesanan mayor per periode perencanaan (Rp)
- Co''_i : biaya pemesanan minor per periode perencanaan untuk produk ke- i (Rp)
- Ch_i : biaya penyimpanan per unit untuk produk ke- i (Rp)

(Siswanto, 2007)

Order point adalah saat dimana siklus persediaan (*inventory cycle*) yang baru dimulai dan yang lama berakhir. Setiap siklus persediaan mempunyai periode T , artinya setiap T satuan waktu pemesanan kembali dilakukan,

$$T = \frac{P}{Fp}$$

$$T = \frac{P}{\frac{D}{Q}}$$

$$T = P \times \frac{Q}{D} \tag{25}$$

dimana P merupakan lama periode perencanaan (Aminuddin, 2005).

Algoritma Genetika

Algoritma Genetika merupakan suatu metode heuristik yang dikembangkan berdasarkan prinsip genetika dan proses seleksi alamiah Teori Evolusi Darwin. Berikut ini adalah struktur dasar algoritma genetika:

a) Inisialisasi Populasi

Proses inisialisasi populasi adalah proses membangkitkan kromosom secara acak sebanyak ukuran populasi. Pengkodean merupakan bagian penting dalam tahapan inisialisasi. Pengkodean yang dimaksud adalah pengkodean gen dari kromosom. Hasil akhir dari prosedur inisialisasi populasi adalah urutan gen-gen dalam setiap kromosom yang merepresentasikan kemungkinan

nilai fitness yang akan terpilih sebagai solusi yang layak (*feasible solution*) dari persoalan.

b) Evaluasi Individu

Proses ini akan menghitung nilai fitness dari setiap kromosom yang telah dibangkitkan secara random pada tahap inisialisasi populasi. Dalam masalah optimasi, individu (kromosom) yang bernilai fitness yang tinggi yang akan bertahan hidup atau yang akan terpilih dan kromosom yang bernilai rendah akan mati atau tidak terpilih pada tahap selanjutnya.

Pada masalah optimasi, jika solusi yang dicari adalah memaksimalkan sebuah fungsi h , maka nilai fitness yang digunakan adalah nilai dari fungsi h tersebut, yakni:

$$f = h \tag{26}$$

dimana f adalah nilai fitness dan h adalah fungsi obyektif.

c) Elitisme

Elitisme adalah suatu prosedur pengopian individu agar individu yang bernilai fitness terbaik tidak hilang selama proses evolusi. Suatu individu yang memiliki nilai fitness terbaik belum pasti akan selalu terpilih. Hal ini disebabkan karena proses penyeleksian dilakukan secara random.

d) Seleksi Orang Tua

Seleksi merupakan proses dalam algoritma genetika untuk memilih kromosom yang tetap bertahan dalam populasi. Kromosom yang terpilih mempunyai kemungkinan untuk dipasangkan dengan kromosom lain atau mengalami proses penyilangan sebanding dengan probabilitas penyilangan yang menghasilkan kromosom anak.

Metode seleksi yang paling umum digunakan adalah seleksi set n in nilai fitness (model roda rolet). (2.42) ksi ini merupakan metode seleksi yang paling banyak digunakan. Jika f_i adalah fitness untuk kromosom ke- i , maka probabilitas suatu kromosom untuk dipertahankan adalah sebesar nilai fitness relatifnya

$$fr_i = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^N f_j} \tag{27}$$

Dalam pemilihan acak menggunakan bilangan riil, dibangkitkan secara acak suatu bilangan riil r yang bernilai antara 0 sampai 1. Kromosom yang terpilih untuk dipertahankan dalam populasi ditentukan berdasarkan ketentuan-ketentuan sebagai berikut:

Kromosom pertama, jika $r < fk_1$,

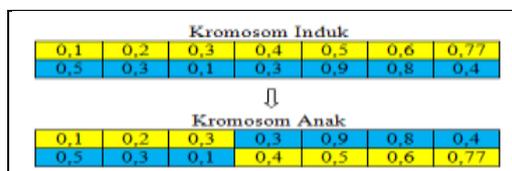
$$fk_i = \frac{\sum_{j=1}^i f_j}{\sum_{j=1}^{10} f_j} = fk_{(i-1)} + fr_i \quad (28)$$

Kromosom ke- i , jika $fk_{i-1} \leq r < fk_i$ untuk $i > 1$.

Pembangkitan bilangan riil secara acak dilakukan sebanyak N , untuk menyeleksi kromosom yang tetap bertahan dalam populasi.

e) Proses Penyilangan

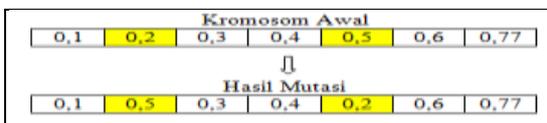
Penyilangan merupakan operator dalam algoritma genetika yang bertujuan untuk melahirkan kromosom baru yang mewarisi sifat-sifat induknya sebagaimana proses reproduksi yang terjadi dalam kehidupan alam.. Kromosom baru hasil penyilangan disebut sebagai kromosom keturunan. Metode penyilangan yang dipakai adalah metode penyilangan satu titik.



Gambar 1. Contoh Crossover

f) Proses Mutasi

Mutasi merupakan operator dalam algoritma genetika yang bertujuan untuk mengubah gen-gen tertentu dalam sebuah kromosom. Metode mutasi yang digunakan adalah metode mutasi berbasis urutan.



Gambar 2. Contoh mutasi (Zukhri, 2014)

g) Penentuan Parameter Algoritma

Parameter algoritma yang disarankan menurut De Jong adalah:

- a. Probabilitas penyilangan cukup besar (berkisar 60% sampai 70%).
- b. Probabilitas mutasi cukup kecil (sebuah gen untuk sebuah kromosom).
- c. Ukuran populasi berkisar antara 50 sampai 500 kromosom (Zukhri, 2014).

h) Penanganan Kendala dengan Strategi Pinalti

Penggunaan strategi pemberian pinalti memungkinkan proses pencarian berada pada kawasan yang tidak layak. Sebenarnya, strategi pinalti mengadopsi metode konvensional. Dalam metode ini, langkah utama yang harus diperhatikan adalah melakukan penentuan nilai pinalti yang tepat sehingga proses pencarian

dapat menuju ke titik konvergensi tanpa menyebabkan konvergensi dini. Secara matematis, penanganan kendala dengan strategi pinalti dilakukan dengan menambahkan fungsi pinalti ke dalam fungsi obyektif.

Adanya penambahan fungsi pinalti dalam penggunaan algoritma genetika membuat keberadaan sejumlah penyelesaian tidak layak pada setiap generasi harus dipertahankan. Dengan tetap mempertahankan penyelesaian-penyelesaian tidak layak ini diharapkan dapat memaksa proses pencarian menuju ke titik optimum, baik dari sisi kawasan yang layak maupun dari sisi kawasan yang tidak layak (Zukhri, 2014).

Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei sampai Juni 201. Adapun pengambilan data dilakukan di Toko Lestari Bakut yang berlokasi di Jl. Seruling Samarinda Ulu dan pengolahan data dilaksanakan di Laboratorium Statistika Ekonomi dan Bisnis Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Mulawarman, Samarinda Provinsi Kalimantan Timur. Penelitian ini dilakukan dengan melakukan wawancara tak terstruktur dengan pemilik Toko Lestari Bakut dan mengambil data sekunder yang tersedia di Toko Lestari Bakut. Rancangan penelitian bersifat *ex post facto*.

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah:

- 1. Jumlah permintaan per bulan untuk produk ke- i (dus), D_i .
- 2. *Lead time* (hari), Lt .
- 3. Biaya pemesanan mayor per periode pemesanan (Rp), Co' .
- 4. Biaya pemesanan minor per periode pemesanan (Rp), Co''_i .
- 5. Biaya pembelian per periode perencanaan untuk produk ke- i (Rp), Drp_i .
- 6. Biaya pembelian per periode perencanaan (Rp), Drp .
- 7. EOQ optimal per periode perencanaan (Rp), Qrp .
- 8. EOQ optimal per periode perencanaan untuk produk ke- i (Rp), Qrp_i .
- 9. Biaya total persediaan per periode perencanaan (Rp), TIC .
- 10. Harga beli per unit untuk produk ke- i (Rp), Cp_i .
- 11. Biaya penyimpanan per unit untuk produk ke- i (Rp), Ch_i .
- 12. Satuan waktu pesanan kembali dilakukan (hari), T .

Teknik sampling yang digunakan pada penelitian ini adalah sampling purposif dan sampling jenuh. Sedangkan untuk teknik analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat program peramalan berbasis *exponential smoothing* dan metode EOQ *multi-item* dengan algoritma genetika menggunakan bahasa pemrograman MATLAB.
2. Analisis Statistika Deskriptif.
3. Peramalan.
4. Perumusan model EOQ *multi-item*.
5. Penerapan algoritma genetika pada model EOQ *multi-item*.
6. Menghitung kapan sebaiknya pemesanan produk-produk kembali dilakukan.
7. Interpretasi keseluruhan hasil analisis dan membuat kesimpulan.

Hasil dan Pembahasan

a) Analisis Statistika Deskriptif

Produk pertama adalah Fanta 250 mL (kaleng), produk ke-2 adalah Sprite 250 mL (kaleng), produk ke-3 adalah Pulpy Orange (botol), produk ke-4 adalah Sprite 1 L (botol), dan produk ke-5 serta ke-6 berturut-turut adalah Fanta 1 L (botol) dan Coca Cola 1 L (botol). Terdapat masing-masing 34 data permintaan (Agustus 2012 – Mei 2015) untuk semua produk, kecuali produk ke-3 (Pulpy Orange) yang hanya terdiri dari 12 data permintaan yang merupakan data permintaan konsumen untuk produk Pulpy Orange pada bulan Juni 2014 sampai dengan Mei 2015. Tabel 3 merupakan tabel yang memuat nilai-nilai deskriptif dari ke-6 produk yang diperoleh dari perhitungan *software* MATLAB.

Tabel 3. Nilai Statistika Deskriptif

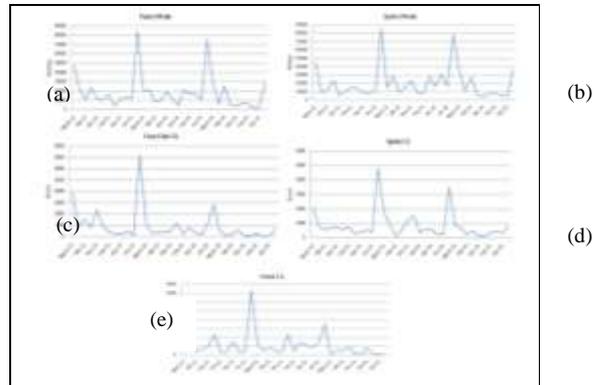
| I | \bar{Z}_{it} | s | Z_{it} max | Z_{it} min |
|---|----------------|----------|--------------|--------------|
| 1 | 18.422,0 | 18.367,0 | 84.948,0 | 1.992,0 |
| 2 | 19.726,0 | 18.956,0 | 85.440,0 | 3.528,0 |
| 3 | 6.445,4 | 8.197,5 | 27.252,0 | 240,0 |
| 4 | 842,6 | 966,0 | 4.800,0 | 120,0 |
| 5 | 550,1 | 707,3 | 3.624,0 | 0,0 |
| 6 | 452,7 | 703,8 | 3.612,0 | 0,0 |

Rata-rata permintaan pelanggan terhadap produk Fanta 250 mL periode Agustus 2012 sampai dengan Mei 2015 adalah sebanyak 19.726 kaleng/bulan, jumlah ini lebih banyak dibandingkan rata-rata permintaan terhadap kelima produk lainnya, dengan tingkat variasi data dari nilai rata-ratanya sebesar 18.956.

Permintaan terbanyak untuk produk Fanta 250 mL terjadi pada bulan Juli tahun 2013 adalah sebesar 85.440 kaleng, besarnya permintaan ke-5 produk ini pada bulan Juli 2013, menurut pemilik Toko Lestari Bakut, disebabkan oleh adanya perayaan Hari Raya Idul Fitri pada tanggal 8

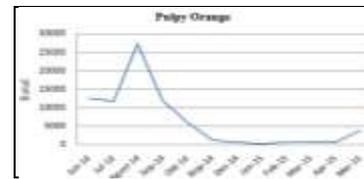
Agustus 2013. Permintaan paling sedikit adalah hanya 3.528 kaleng dan terjadi pada tahun 2015.

b) Time Series Plot



Gambar 3. Time series plot produk Fanta, Sprite dan Coca Cola

Dari plot pada Gambar 3 dapat dilihat bahwa data permintaan produk Fanta 250 mL (a), Sprite 250 mL (b), Coca Cola 1 L (c), Sprite 1 L (d) dan Fanta 1 L (e) bersifat *trend* aditif dan musiman multiplikatif dengan panjang musiman 12 bulan, sehingga metode peramalan yang dianggap paling tepat untuk meramalkan permintaan masing-masing produk pada bulan Juni 2015 dan Juli 2015 adalah metode Winters.



Gambar 4. Time series plot produk Pulpy Orange

Sedangkan dari plot pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa data permintaan produk Pulpy Orange bersifat *trend* aditif, sehingga metode peramalan yang dianggap paling tepat untuk meramalkan permintaan Pulpy Orange pada bulan Juni 2015 dan Juli 2015 adalah *double exponential smoothing* dengan metode Holt.

c) Peramalan

Hasil peramalan keenam produk terdapat pada Tabel 4.

d) Metode EOQ Multi-item

Permintaan keenam produk periode Juni-Juli 2015 terdapat pada Tabel 5.

Dari Tabel 5 diketahui bahwa untuk periode perencanaan pemesanan Juni-Juli 2015, total permintaan untuk keenam produk secara berurutan adalah 3.549 dus, 3.852 dus, 295 dus, 338 dus, 195 dus dan 192 dus.

Tabel 4. Permintaan untuk Periode Juni-Juli 2015

| i | Parameter | Juni 2015 | Juli 2015 | Ketepatan Peramalan |
|---|----------------|-----------|-----------|---------------------|
| 1 | $\alpha = 0,1$ | | | $MAE = 12493$ |
| | $\beta = 0,2$ | 10.723 | 74.438 | $MSE = 262365055$ |
| | $\gamma = 0,1$ | | | $SMAPE = 71\%$ |
| 2 | $\alpha = 0,2$ | | | $MAE = 19399$ |
| | $\beta = 0,2$ | 10.759 | 81.674 | $MSE = 967279315$ |
| | $\gamma = 0,2$ | | | $SMAPE = 74\%$ |
| 3 | $\alpha = 0,2$ | | | $MAE = 6771$ |
| | $\gamma = 0,2$ | 2.301 | 1.234 | $MSE = 66457215$ |
| | | | | $SMAPE = 110\%$ |
| 4 | $\alpha = 0,2$ | | | $MAE = 422$ |
| | $\beta = 0,1$ | 297 | 3.754 | $MSE = 384274$ |
| | $\gamma = 0,1$ | | | $SMAPE = 59\%$ |
| 5 | $\alpha = 0,1$ | | | $MAE = 617$ |
| | $\beta = 0,2$ | 193 | 2.138 | $MSE = 982981$ |
| | $\gamma = 0,1$ | | | $MAPE = 102\%$ |
| 6 | $\alpha = 0,1$ | | | $MAE = 652$ |
| | $\beta = 0,2$ | 90 | 2.214 | $MSE = 1284530$ |
| | $\gamma = 0,1$ | | | $MAPE = 119\%$ |

Tabel 5. Permintaan untuk Periode Juni-Juli 2015

| I | Produk | Juni 2015 | Juli 2015 | Total | $D(i)$ (dus) |
|---|--------|-----------|-----------|--------|--------------|
| 1 | Kaleng | 10.723 | 74.438 | 85.161 | 3.549 |
| 2 | Kaleng | 10.759 | 81.674 | 92.433 | 3.852 |
| 3 | Botol | 2.301 | 1.234 | 3.535 | 295 |
| 4 | Botol | 297 | 3.754 | 4.051 | 338 |
| 5 | Botol | 193 | 2.138 | 2.331 | 195 |
| 6 | Botol | 90 | 2.214 | 2.304 | 192 |

Tabel 6. Komponen Biaya yang Mempengaruhi Persediaan

| No | D_i | Ch_i | Cp_i | Drp_i |
|----|-------|--------|--------|-------------|
| 1 | 3.549 | 3.200 | 80.000 | 283.920.000 |
| 2 | 3.852 | 3.200 | 80.000 | 308.160.000 |
| 3 | 295 | 2.180 | 54.500 | 24.252.500 |
| 4 | 338 | 3.460 | 86.500 | 29.237.000 |
| 5 | 195 | 3.460 | 86.500 | 16.867.500 |
| 6 | 192 | 3.460 | 86.500 | 16.608.000 |
| | | Jumlah | | 670.870.000 |

Dengan menggunakan data yang ada pada Tabel 6, maka berdasarkan persamaan (19) diperoleh model persediaan *multi-item* sebagai berikut:

$$TTC = \left(\frac{670.870.000.000}{Qrp_1 + \dots + Qrp_6} \right) + \left(\frac{(3.200 \times Qrp_1) + \dots + (3.460 \times Qrp_6)}{2} \right) + 670.$$

e) Algoritma Genetika

• Inisialisasi Populasi

Nilai-nilai parameter yang dipilih adalah sebagai berikut:

1. Ukuran populasi = 100
2. Lebar kromosom = 6

3. Probabilitas penyilangan = 0,60
4. Probabilitas mutasi = 0,10
5. Banyak generasi = 2

Lead time selama dua hari menimbulkan kendala-kendala dalam pencarian nilai TIC minimum:

1. Selama periode Juni-Juli 2015 frekuensi pemesanan maksimal yang dapat dilakukan oleh toko Lestari Bakut adalah sebanyak 31 kali, dimana pemesanan pertama dilakukan pada tanggal 30 Mei 2015.
2. Agar kebutuhan terhadap permintaan semua produk dapat terpenuhi, maka setiap kali melakukan pemesanan, biaya pembelian minimum adalah Rp 21.640.968.
3. Dan setiap kali melakukan pemesanan, biaya pembelian minimum adalah 9.158.700 untuk Fanta 250 mL, Rp 9.940.600 untuk Sprite 250 mL, Rp 782.300 untuk Pulpy Orange, Rp 943.100 untuk Sprite 1 L, Rp 544.100 untuk Fanta 1 L, dan Rp 535.700 untuk Coca Cola 1 L.

Tabel 7. Populasi Generasi Pertama (10^4)

| J | $Qrp_{(j,1)}$ * | $Qrp_{(j,2)}$ * | ... | $Qrp_{(j,6)}$ * | Qrp^* |
|-----|-----------------|-----------------|-----|-----------------|----------|
| 1 | 3.685 | 3.999 | ... | 216 | 8.706,5 |
| 2 | 17.796 | 19.315 | ... | 1.041 | 42.049,6 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ... | ⋮ | ⋮ |
| 84 | 24.023 | 26.074 | ... | 1.405 | 56.763,9 |
| 85 | 16.647 | 18.068 | ... | 974 | 39.333,8 |
| 86 | 1.331 | 1.445 | ... | 78 | 3.145,5 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ... | ⋮ | ⋮ |
| 99 | 4.917 | 5.337 | ... | 288 | 11.618,3 |
| 100 | 21.728 | 23.583 | ... | 1.271 | 51.341,0 |

Dengan mempertimbangkan kendala-kendala yang ada, berikut adalah 100 kromosom pada populasi generasi pertama yang dibangkitkan dengan bilangan acak Qrp^* , $21.640.968 \leq Qrp^* \leq 670.870.000$ seperti yang ada pada Tabel 7 dengan skema pengkodean *discrete number encoding*.

• Proses Evaluasi

Tabel 8. Fungsi Fitness

| Kromosom (j) | $f_{(k,j)}$ |
|--------------|--------------------------|
| 1 | $0,0714 \times 10^{-10}$ |
| 2 | $0,0148 \times 10^{-10}$ |
| ⋮ | ⋮ |
| 84 | $0,0110 \times 10^{-10}$ |
| 85 | $0,0159 \times 10^{-10}$ |
| 86 | $0,1961 \times 10^{-10}$ |
| ⋮ | ⋮ |
| 99 | $0,0536 \times 10^{-10}$ |
| 100 | $0,0122 \times 10^{-10}$ |

Diperoleh nilai fitness tertinggi pada populasi generasi pertama dihasilkan oleh

kromosom ke-86, yaitu sebesar $0,1961 \times 10^{-10}$ dengan total biaya persediaan Rp 50.996.000.000 dan nilai fitness terkecil pada populasi generasi pertama dihasilkan oleh kromosom ke-8, yaitu sebesar $0,0094 \times 10^{-10}$ dengan total biaya persediaan Rp 1.060.800.000.000.

- Elitisme
Pencatatan untuk populasi generasi pertama disajikan sebagaimana Tabel 9.

Tabel 9. Elitisme Generasi Pertama

| | |
|---|--------------------------|
| Nilai fitness maksimum | $1,9609 \times 10^{-11}$ |
| TIC minimum | $5,0996 \times 10^{10}$ |
| Urutan kromosom dengan fitness maksimum (i) | 86 |
| Urutan generasi dengan fitness maksimum (k) | 1 |

Nilai fitness maksimum sementara adalah $1,9609 \times 10^{-11}$ yang merupakan fungsi fitness dari kromosom ke-86 generasi pertama, maka total biaya persediaan minimum sementara adalah Rp 50.996.000.000 dengan rincian biaya pembelian optimum sementara produk Fanta 250 mL, Sprite 250 mL, Pulpy Orange, Sprite 1 L, Fanta 1 L, Coca Cola 1 L yang harus dikeluarkan setiap kali pemesanan berturut-turut adalah Rp 13.312.000, Rp 14.448.000, Rp 754.000, Rp 1.371.000, Rp 791.000 dan Rp 779.000.

- Proses Seleksi
Metode seleksi yang dipakai adalah seleksi sebanding dengan nilai fitness (pemodelan roda rolet).

Tabel 10. Proses Seleksi Generasi Pertama

| Kromo som (j) | fr_j | fk_j | R | Hasi l Seleksi |
|---------------|--------|--------|--------|----------------|
| 1 | 0,0239 | 0,0239 | 0,9185 | 93 |
| 2 | 0,0050 | 0,0288 | 0,4902 | 49 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 84 | 0,0037 | 0,7706 | 0,6545 | 69 |
| 85 | 0,0053 | 0,7759 | 0,2614 | 22 |
| 86 | 0,0655 | 0,8414 | 0,4496 | 47 |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 99 | 0,0179 | 0,9959 | 0,0028 | 42 |
| 100 | 0,0041 | 1,0000 | 0,3366 | 1 |

Pada Tabel 10 kromosom ke-86, yang merupakan kromosom dengan nilai fitness terbesar, memiliki nilai fitness relatif yang terbesar pula, 0,0655, dan kromosom ke-8, yang merupakan kromosom dengan nilai fitness terkecil, memiliki nilai fitness relatif yang terkecil, 0,0031, yang berarti bahwa peluang kromosom ke-8 untuk terseleksi adalah 0,0031 atau sangat kecil.

Dan berdasarkan hasil seleksi hanya 45% dari populasi generasi pertama yang bertahan

dalam populasi selanjutnya. Kromosom dengan nilai fitness terkecil, yaitu kromosom ke-8, merupakan salah satu kromosom yang tidak bertahan dalam populasi (tidak terseleksi). Sedangkan kromosom ke-86, yang nilai fitnessnya terbesar pada populasi generasi pertama, terseleksi 10 kali dan mendominasi populasi selanjutnya.

- Penyilangan
Dalam pemodelan pemilihan induk kromosom ini, dilibatkan parameter probabilitas penyilangan, $pp=0,6$, serta bilangan random r yang dibangkitkan sebanyak ukuran populasi, yaitu 100.

Dari Tabel 11, dapat dilihat bahwa kromosom pertama merupakan induk karena $r(0,2236) < pp(0,6)$, kromosom kedua merupakan induk karena $r(0,5792) < pp(0,6)$, dan seterusnya. Sehingga diperoleh kesimpulan bahwa terdapat 59 kromosom induk. Dengan demikian terdapat 29 pasangan kromosom (58% dari populasi) yang akan dikenai operator penyilangan dan kromosom induk ke-59 yang merupakan kromosom ke-100 gagal menjadi induk karena tidak mendapat pasangan untuk dikenai operator penyilangan.

Tabel 11. Pemilihan Induk Penyilangan

| Kromosom (j) | R | Kategori |
|--------------|--------|-------------|
| 1 | 0,2236 | Induk |
| 2 | 0,5792 | Induk |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 54 | 0,5741 | Induk |
| 55 | 0,9409 | Bukan Induk |
| 56 | 0,2483 | Induk |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ |
| 99 | 0,3849 | Induk |
| 100 | 0,3357 | Induk |

Berikut adalah ke-29 pasang kromosom induk:

| | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1- | 4- | 6- | 10 | 12 | 18 | 21 | 23 | 25 | 27 |
| 2 | 5 | 8 | - | - | - | - | - | - | - |
| | | | 11 | 16 | 19 | 22 | 24 | 26 | 32 |
| 33 | 41 | 45 | 47 | 50 | 53 | 56 | 59 | 61 | 64 |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 37 | 44 | 46 | 48 | 52 | 54 | 58 | 60 | 62 | 68 |
| 69 | 71 | 73 | 75 | 79 | 82 | 88 | 91 | 97 | |
| - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 70 | 72 | 74 | 78 | 81 | 84 | 89 | 94 | 99 | |

Dalam penelitian ini, metode penyilangan yang digunakan adalah metode penyilangan dengan sebuah titik potong. Untuk populasi generasi pertama dalam penelitian ini didapat titik potong pada gen ke-2.

• Mutasi

Dalam proses mutasi generasi pertama terdapat 67 gen yang mengalami mutasi. Selanjutnya dilakukan penggantian kromosom hasil mutasi terhadap populasi kromosom hasil penyilangan. Populasi yang dihasilkan dari penerapan operator mutasi ini tidak lain adalah populasi generasi ke-2 dan disajikan dalam Tabel 12.

Tabel 12. Populasi Generasi Kedua (10⁴)

| Kromo som (j) | $Qrp_{(j,1)}^*$ | ... | $Qrp_{(j,6)}^*$ | Qrp^* |
|---------------|-----------------|-----|-----------------|---------|
| 1 | 12.821 | ... | 115 | 27.274 |
| 2 | 1.938 | ... | 762 | 7.599 |
| 3 | 1.331 | ... | 78 | 3.145 |
| 4 | 10.106 | ... | 477 | 22.360 |
| 5 | 4.628 | ... | 591 | 12.455 |
| ⋮ | ⋮ | ... | ⋮ | ⋮ |
| 99 | 1.938 | ... | 216 | 5.064 |
| 100 | 20.278 | ... | 1.186 | 47.915 |

Dari Tabel 12, dapat dilihat bahwa kromosom pertama terkena pinalti karena $Qrp_{(1,2)}^* = 2.000.000 < 9.940.600$, yang merupakan batas minimum biaya pembelian setiap kali melakukan pemesanan. Hal ini menyebabkan, nilai fitness untuk kromosom pertama generasi kedua menjadi sangat kecil, yaitu 0,0001, sehingga tidak terpilih sebagai penyelesaian terbaik, dan seterusnya.

Pada tahap elitisme generasi kedua diperoleh pencatatan sebagaimana Tabel 13, dimana kromosom terbaik adalah kromosom ke-3 pada generasi kedua.

Tabel 13. Elitisme Generasi Kedua

| | |
|---|--------------------------|
| Nilai fitness maksimum | $1,9616 \times 10^{-11}$ |
| TIC minimum | $5,0980 \times 10^{10}$ |
| Urutan kromosom dengan fitness maksimum (i) | 3 |
| Urutan generasi dengan fitness maksimum (k) | 2 |

Proses selanjutnya adalah mengulangi tahapan proses pada algoritma genetika sampai dihasilkan populasi generasi ke-3.

Dari pengaplikasian algoritma genetika terhadap masalah pengendalian persediaan, diperoleh hasil bahwa generasi yang menghasilkan nilai fitness maksimum adalah populasi generasi ke-2, dengan nilai fitnessnya adalah sebesar $1,9616 \times 10^{-11}$, dan $Qrp = 31.454.550$.

Berdasarkan Tabel 14, selama periode Juni-Juli 2015 setiap kali melakukan pemesanan toko Lestari Bakut harus memesan 166 dus produk Fanta 250 mL, 181 dus produk Sprite 250 mL, 14

dus Pulpy Orange, 16 dus Sprite 1 L, 9 dus Fanta 1 L, 9 dus Coca Cola 1 L.

Tabel 14. Nilai Qrp_i

| No | Qrp_i | Cp_i | Q_i |
|--------------|-------------------|--------|------------|
| 1 | 13.312.000 | 80.000 | 166 |
| 2 | 14.448.000 | 80.000 | 181 |
| 3 | 779.000 | 54.500 | 14 |
| 4 | 1.371.000 | 86.500 | 16 |
| 5 | 791.000 | 86.500 | 9 |
| 6 | 754.000 | 86.500 | 9 |
| Total | 31.454.550 | | 395 |

Dengan mensubstitusikan biaya-biaya persediaan yang diperoleh ke dalam persamaan TIC,

$$TIC = \left(\frac{670.870.000.000}{Qp_1 + Qp_2 + \dots + Qp_6} \right) + \left(\frac{(3.200 \times Qp_1) + \dots + (3.400 \times Qp_6)}{2} \right) + 670.870.000$$

$$TIC = \left(\frac{670.870.000.000}{31.454.550} \right) + \left(\frac{(3.200 \times 13.312.000) + \dots + (3.400 \times 754.000)}{2} \right) + 670.870.000$$

maka diperoleh total biaya persediaan selama periode Juni-Juli 2015 adalah sebesar Rp 50.980.000.000. Dan dengan persamaan (25) diperoleh nilai

$$T = P \times \frac{Q}{D} = 61 \times \frac{395}{8.421} = 2,8613$$

yang berarti pemesanan kembali ke-6 produk oleh toko Lestari Bakut adalah 2 atau 3 hari sekali.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa telah dihasilkan script program peramalan berbasis exponential smoothing dan metode EOQ *multi-item* dengan algoritma genetika menggunakan bahasa pemrograman MATLAB. Metode *exponential smoothing* yang paling sesuai untuk meramalkan data permintaan konsumen terhadap produk Fanta 250 mL, Sprite 250 mL, Sprite 1 L, Fanta 1 L dan Coca Cola 1 L adalah metode Winters, sedangkan untuk produk Pulpy Orange, metode yang paling sesuai menurut penulis adalah metode Holt. Hasil peramalan Fanta 250 mL dengan $\alpha = 0,1; \beta = 0,2; \gamma = 0,1$ adalah 10.723 kaleng untuk bulan Juni 2015 dan 74.438 kaleng untuk bulan Juli 2015, hasil peramalan Sprite 250 mL dengan $\alpha = 0,2; \beta = 0,2; \gamma = 0,2$ adalah 10.759 kaleng untuk bulan Juni 2015 dan 81.674 kaleng untuk bulan Juli 2015, hasil peramalan Pulpy Orange dengan $\alpha = 0,1; \gamma = 0,2$ adalah 2.301 botol untuk bulan Juni 2015 dan 1.234 botol untuk bulan Juli 2015. Sedangkan hasil peramalan Sprite 1 L dengan $\alpha = 0,2; \beta = 0,1; \gamma = 0,1$, Fanta 1 L dengan $\alpha = 0,1; \beta = 0,2; \gamma = 0,1$, dan Coca Cola 1 L dengan $\alpha = 0,1; \beta = 0,2; \gamma = 0,1$, untuk bulan Juni 2015 berturut-turut adalah 297 botol, 193 botol, dan 90

botol dan untuk bulan Juli 2015 berturut-turut adalah 3.754 botol, 2.138 botol, dan 2.214 botol. Untuk hasil peramalan seperti yang telah disebutkan, maka selama periode Juni-Juli 2015 toko Lestari Bakut harus mengadakan persediaan setiap 2 atau 3 hari sekali dengan rincian Fanta 250 mL sebanyak 166 dus, Sprite 250 mL sebanyak 181 dus, Pulpy Orange sebanyak 14 dus, Sprite 1 L sebanyak 16 dus, Fanta 1 L sebanyak 9 dus, dan Coca Cola 1 L sebanyak 9 dus. Untuk rincian jumlah pemesanan seperti yang telah dijabarkan tadi, maka total biaya persediaan yang harus dikeluarkan toko Lestari Bakut selama periode pemesanan adalah Rp 50.980.000.000.

Daftar Pustaka

- Aminudin. *Prinsip-prinsip Riset Operasi*. 2005. Jakarta: Erlangga.
- Aswi dan Sukarna. 2006. *Analisis Deret Waktu*. Makassar: Andira Publisher.
- Haupt R.L., and Haupt. 2004. *Practical Genetic Algorithms*. New Jersey: John Wiley dan Sons, Inc.
- Herjanto, Eddy. 2008. *Manajemen Operasi Edisi Ketiga*. Jakarta: Grasindo.
- Indroprasto dan Suryani, Erma. 2012. Analisis Pengendalian Persediaan Produk Dengan Metode EOQ Menggunakan Algoritma Genetika untuk Mengefisienkan Biaya Persediaan. *Jurnal Teknik* Vol. 1.
- Makridakis S., Wheelwright S.C.W., dan Mc Gee V.E. 1999. Alih Bahasa Suminto. *Metode dan Aplikasi Peramalan*. Jilid 1. Jakarta: Binaputra Aksara.
- Siswanto. 2007. *Operation Research*. Jilid 2. Jakarta: Erlangga.
- Zukhri, Zainudin. 2014. *Algoritma Genetika: Metode Komputasi Evolusioner untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*. Yogyakarta: ANDI.
- www.vanguardsw.com/business-forecasting-101/symmetric-mean-absolute-percent-error-smape/. Diakses pada tanggal 2 Juli 2015.