

# RANCANG BANGUN OPTIMASI KEBUTUHAN BAHAN BAKU MENGGUNAKAN ALGORITMA WAGNER-WHITIN

Ahmad Saikhu Sarwosri Nur Laila

Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Email: saikhu@its-sby.edu, sri@its-sby.edu, laila\_nur@cs.its.ac.id

## ABSTRACT

*Lotting or purchasing raw materials is one step in Material Requirement Planning. Lotting technique that already known is the Wagner-Within algorithm. This algorithm is widely used because it provides optimal solutions for problem size-deterministic dynamic reservation at a particular time period in which the needs of the entire period must be completed. It takes a application system of optimization planning raw material requirements using the Wagner-Whitin algorithm. The development of this process begins with building a power module of demand data using Arima method (1,1,1), then followed by forecasting modules of consumer demand for end product by using the multiplicative decomposition forecasting methods, and ends with the development of Materials Requirement Planning module (MRP I) using the Wagner-Whitin algorithm. The results of the test system with test data is the generation of data will form the same pattern that is likely up from week to week. Forecasting results have high accuracy registration of 99.48%, 99.64% and 99.68%. Wagner-Whitin algorithm always produces the combination of weeks. Result of the combination in the first week will produces the minimum cost for the entire week of production.*

**Keywords:** R Commander Plug-in, Open Source, Tcl/Tk

## ABSTRAK

*Lotting atau pembelian bahan baku adalah salah satu tahap dalam Material Requirement Planning. Teknik lotting yang sudah dikenal adalah algoritma Wagner-Within. Algoritma ini banyak digunakan karena memberikan solusi optimal bagi persoalan ukuran pemesanan dinamis-deterministik pada suatu periode waktu tertentu dimana kebutuhan pada seluruh periode harus terpenuhi. Dibutuhkan suatu sistem aplikasi optimasi perencanaan bahan baku dengan menggunakan algoritma Wagner-Whitin. Proses pembangunan diawali dengan membangun modul pembangkit data permintaan dengan menggunakan metode ARIMA (1,1,1), lalu dilanjutkan dengan modul peramalan (forecasting) permintaan konsumen terhadap produk akhir dengan menggunakan metode peramalan dekomposisi multiplikatif, dan diakhiri dengan pembangunan modul Material Requirement Planning (MRP I) yang menggunakan algoritma Wagner-Whitin. Hasil dari uji sistem dengan data uji coba adalah data pembangkitan akan membentuk pola yang sama yaitu cenderung naik dari minggu ke minggu. Hasil peramalan mempunyai akurasi tinggi sebesar sebesar 99.48%, 99.64% dan 99.68%. Algoritma Wagner-Whitin selalu menghasilkan gabungan minggu. Hasil penggabungan pada minggu pertama akan menghasilkan biaya minimum untuk seluruh minggu produksi*

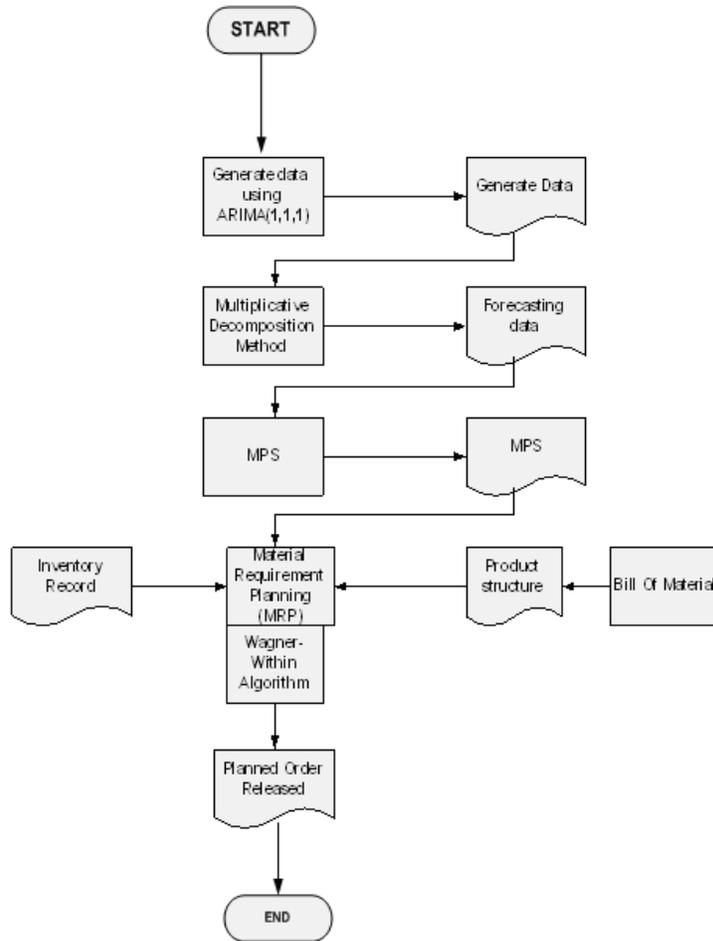
**Kata kunci:** R Commander Plug-in, Open Source, Tcl/Tk

Dewasa ini, iklim persaingan dalam dunia industri sangat tinggi sehingga setiap perusahaan harus membuat suatu strategi manajemen yang bagus sehingga nantinya perusahaan akan mendapat hasil yang besar. Menurut J.R. Tony Arnold dalam bukunya yang berjudul *Introduction to Management Material* bahwa suatu strategi manajemen yang bagus harus selalu memperhatikan 4 faktor utama yaitu menyediakan layanan konsumen yang baik, biaya produksi yang rendah, biaya penyimpanan yang rendah dan harga distribusi yang rendah. Faktor-faktor strategi manajemen tersebut pada akhirnya akan menjadi saling bertentangan satu sama lain dalam bidang marketing, produksi dan keuangan karena setiap bidang tersebut memiliki tanggung jawab yang berbeda. Maka dari itu diperlukan suatu manajemen logistik untuk melakukan perhitungan kebutuhan bahan baku mulai dari bahan mentah, bahan setengah jadi maupun bahan jadi sehingga terdapat koordinasi antara persediaan, produksi dan distribusi untuk menghindari ketidaksinkronan dan meminimalisir biaya secara keseluruhan.

Aktivitas-aktivitas dalam perhitungan kebutuhan bahan baku dalam manajemen produksi meliputi peramalan (*fore-*

*casting*), jadwal induk produksi (*master planning schedule*), *Material Requirement Planning* (MRP). *Forecasting* adalah aktivitas untuk mengetahui estimasi jumlah permintaan untuk periode mendatang dan perencanaan kebutuhan akan kapasitas yang akan diperlukan. Jadwal induksi produksi adalah rencana untuk memproduksi satu produk yang didalamnya dijabarkan jumlah komponen yang dibutuhkan.

Langkah pertama dalam MRP adalah [1] *netting* yaitu menentukan kebutuhan bersih perusahaan akan bahan baku. Selanjutnya adalah *Lotting* yaitu menentukan besarnya pesanan per item yang optimal berdasarkan kebutuhan bersih. Langkah ketiga adalah *offsetting* yaitu pembuatan jadwal yang tepat untuk melakukan pemesanan sesuai dengan kebutuhan bersih. Langkah terakhir, *exploding* yaitu perhitungan kebutuhan kotor akan bahan baku. Teknik *lotting* yang sudah dikenal adalah algoritma Wagner-Whitin. Algoritma ini banyak digunakan karena memberikan solusi optimum bagi persoalan ukuran pemesanan dinamis-deterministik pada suatu periode waktu tertentu dimana kebutuhan pada seluruh periode harus terpenuhi [2]. Oleh karena itu, makalah ini dibuat untuk mengetahui sejauh mana optimasi kebutuhan bahan baku dalam suatu perusa-



**Gambar 1:** Gambaran umum sistem

haan dengan menggunakan algoritma Wagner-Whitin. Pada Gambar 1 digambarkan secara umum rancangan sistem.

**MATERIAL REQUIREMENT PLANNING**

*Material Requirement Planning* atau MRP adalah prosedur terjadwal untuk proses produksi yang mempunyai beberapa level produksi [3]. Tujuan dari sistem MRP adalah (1) Memastikan bahwa bahan baku dan produk tersedia untuk produksi dan dikirim ke konsumen; (2) Mencari kemungkinan terendah untuk biaya logistik; (3) Merencanakan aktifitas perusahaan, jadwal pengiriman dan aktivitas pembayaran. Input dan ouput dari MRP ditunjukkan pada Gambar 2.

**ARIMA (1,1,1)**

ARIMA(1,1,1) digunakan untuk proses pembangkitan data. Persamaan ARIMA (1,1,1) dapat dilihat pada persamaan 1:

$$\hat{Y}(t) = \mu + Y(t - 1) + \phi(Y(t - 1) - Y(t - 2)) - \theta(t - 1) \tag{1}$$

**DEKOMPOSISI MULTIPLIKATIF**

Decomposisi Multiplikatif menerapkan empat komponen utama yaitu *trend* (T), *cycle* (C), *season* (s), *random*(r). *Trend* atau kecenderungan merupakan sifat dari permintaan dari masa lalu. *Cycle* atau siklus adalah siklus permintaan suatu produk yang berulang secara periodik. *Season* atau pola musiman adalah fluktuasi permintaan suatu produk yang biasanya berulang setiap tahun. *Random* atau variasi acak adalah permintaan suatu produk yang mengikuti pola bervariasi secara acak karena faktor-faktor adanya bencana alam, promosi khusus, dan lain-lain [4]. Maka dalam model multiplikatif, bentuk asli dari *time series* diformulasikan pada persamaan 2:

$$y_t = T_t \times S_t \times C_t \times I_t \tag{2}$$

**MEAN PERCENTAGE ERROR (MAPE)**

MAPE adalah perhitungan kesalahan dari suatu data peramalan. MAPE dihitung berdasarkan rata-rata persentase perbedaan antara data model ( $A_t$ ) dengan data pera-



Gambar 2: Input dan Output MRP

Tabel 1: Daftar BOM

Level	Komponen	Jumlah	Lead Time	Sumber
	Table	1	1	Buat
1	Base	1	2	Buat
2	Legs	4	1	Buat
2	leg bolts	4	1	Buat
1	Top	1	2	Buat
2	boards	3	1	Beli
2	frame	1	2	Buat
3	Ends	2	1	Beli
3	leg supports	4	1	Beli
3	sides	2	1	Beli
2	glue A	1	1	Beli
3	glue B	1	1	Beli

Tabel 2: Daftar BOM

	Week Number				
	1	2	3	4	5
Forecast	10	10	10	10	10
Available	20	20	20	20	20
MPS	10	10	10	10	10
On hand	20				

malan ( $F_t$ ) seperti pada persamaan 3:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{A_t - F_t}{A_t} \right| \times 100\% \quad (3)$$

### BILL OF MATERIAL

Bill of Material (BOM) adalah daftar komponen yang membuat suatu sistem. BOM merupakan bagian penting dari desain dan pembuatan suatu produk. Hal ini dikarenakan bila suatu produk tidak diketahui secara pasti bahan baku apa saja yang dibutuhkan, maka tidak akan diketahui pula berapa banyak bahan baku yang harus dibeli. Gambar 3 dan Tabel 1 menjelaskan tentang BOM yang dipakai oleh sistem optimasi kebutuhan bahan baku dengan algoritma Wagner-Whitin.

### MASTER PRODUCTION SCHEDULE

Jadwal pembuatan untuk suatu produk ditulis pada jadwal induk atau Master Planning Schedule (MPS). MPS adalah rencana efektif yang dikembangkan perusahaan untuk produksi, logistik, dan lain-lain. Untuk mengetahui lebih jauh tentang contoh MPS, dapat dilihat pada Tabel 2.

### PERHITUNGAN ALGORITMA WAGNER WHITIN

Perhitungan algoritma Wagner Within terdiri dari 3 langkah [5]:

Langkah 1 terdiri dari: a) Hitung matriks ongkos total variabel untuk seluruh alternatif pemesanan yang dapat dilakukan selama kurun waktu yang terdiri dari  $N$  periode, b) Ongkos total variabel ini meliputi ongkos pemesanan dari ongkos simpan, dan c) Definisikan  $Z_{ce}$  sebagai ongkos total variabel pada periode  $c$  hingga  $e$  sebagai akibat melakan pemesanan pada periode  $c$  yang akan memenuhi kebutuhan pada periode  $c$  hingga  $e$ .

$$Z_{ce} = C + FP \sum_{i=c}^e (Q_e - Q_{ci}) \quad (4)$$

untuk  $i \leq c \leq e \leq N$

$$Q_{ce} = \sum_{k=c}^e Rk \quad (5)$$

Dimana :  $C$  = ongkos per sekali pesan,  $F$  = % ongkos simpan per periode,  $P$  = ongkos pembelian per unit,  $Rk$  = tingkat kebutuhan pada periode  $k$ ,

Langkah 2 terdiri dari: a) Definisikan  $f_e$  sebagai ongkos minimum yang mungkin terjadi pada periode 1 hingga  $e$ , dimana tingkat persediaan pada akhir periode  $e$  adalah nol, b) Algoritma dimulai dengan  $f_0 = 0$ , kemudian hitung  $f_1, f_2, \dots, f_N$  berturut-turut.  $f_e$  dihitung pada urutan yang naik dengan menggunakan persamaan 6.

$$f_e = \min(Z_{ce} + f_{c-1}) \quad (6)$$

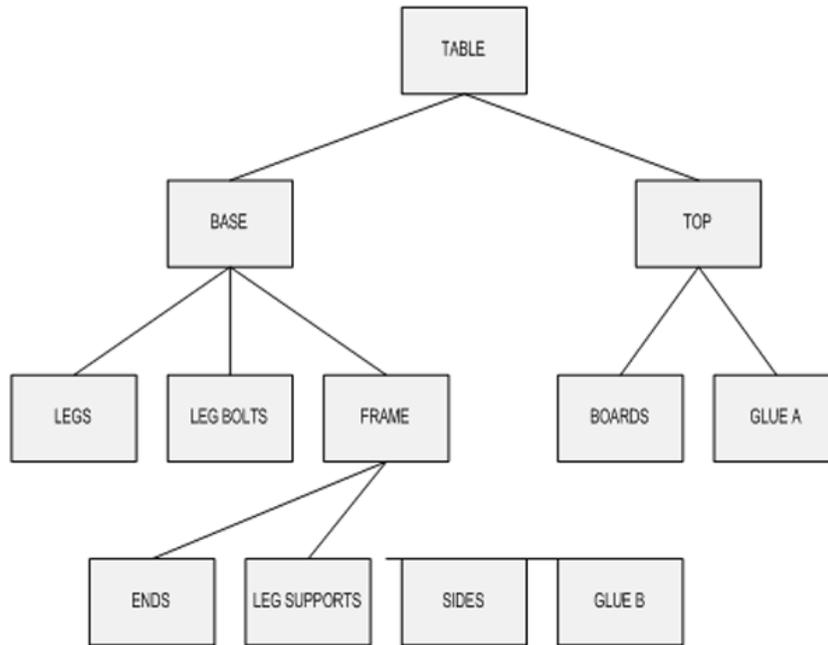
untuk  $c = 1, 2, \dots, e$  Artinya, pada setiap periode seluruh kombinasi dari alternatif pemesanan dengan strategi  $f_e$  dibandingkan kombinasi yang terbaik yaitu pemberi ongkos terendah dinyatakan sebagai strategi untuk memenuhi kebutuhan pada periode 1 hingga  $e$ . Nilai  $f_N$  adalah ongkos dari jadwal pemesanan yang optimal.

Langkah 3 terdiri dari adalah sebagai berikut. Terjemahkan solusi optimum ( $f_N$ ) yang diperoleh dari algoritma ini untuk menentukan ukuran pemesanan seperti persamaan 7.

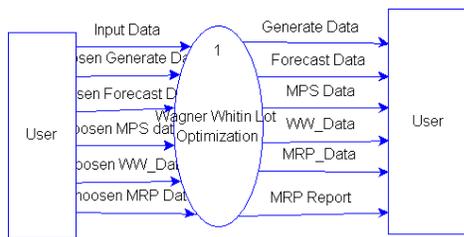
$$f_N = Z_wN + f_w - 1 \quad (7)$$

pemesanan terakhir terjadi pada periode  $w$  dan dapat memenuhi kebutuhan pada periode  $w$  hingga  $N$

$$f_w - 1 = Z_v(w - 1) + f_v - 1 \quad (8)$$



**Gambar 3:** Tree BOM



**Gambar 4:** Data Flow Diagram (DFD) Level 0

pemesanan yang mendahului pemesanan terakhir terjadi pada periode  $v$  dan dapat memenuhi kebutuhan pada periode  $v$  hingga  $(w - 1)$

$$f_{u-1} = Z1(u-1) + f_o \tag{9}$$

pemesanan pertama terjadi pada periode 1 dan memenuhi kebutuhan pada periode 1 hingga  $(u-1)$ .

**METODOLOGI DAN IMPLEMENTASI**

Pada sistem optimasi perencanaan kebutuhan baku dengan algoritma Wagner-Whitin ini, terdapat 5 proses utama yaitu fase pembangkitan, fase peramalan, fase MPS, fase perhitungan ukuran lot dengan Algoritma Wagner-Whitin serta fase MRP. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.

Pada fase perhitungan ukuran lot dengan menggunakan algoritma Wagner-Whitin dilakukan perhitungan ukuran lot dari MRP yang telah diproses pada fase sebelumnya yaitu fase MPS. Fase ini menggunakan algoritma Wagner-Whitin dan tidak memerlukan input dari user. Metode perhitungan kebutuhan bahan baku dengan menggunakan algoritma Wag-

ner-Whitin telah dijelaskan point 7 dan diperjelas dengan Gambar 5.

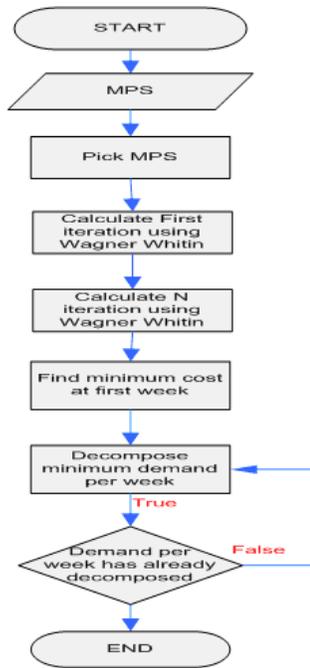
Input untuk fase ini didapat dari MPS yang dipilih. Daftar MPS didapat dari MPS yang telah terimpan pada Tabel Master MPS. Output yang diharapkan pada fase ini adalah Net Requirement untuk 52 minggu. Lalu dilakukan perhitungan lot dengan menggunakan algoritma Wagner-Whitin. Perhitungan iterasi dilakukan secara *backward* yaitu mulai dari minggu ke-52 hingga minggu ke-1. Perhitungan iterasi pertama dilakukan tanpa memerlukan biaya minimum dari minggu sebelumnya. Sedangkan untuk perhitungan iterasi selanjutnya diperlukan biaya minimum dari minggu sebelumnya. Untuk produk yang mempunyai level 0 sampai 2 memakai biaya *setup* (awal produksi) sedangkan untuk produk yang mempunyai level 3 memakai biaya *order* (pemesanan) sebagai pengganti biaya *setup*.

Setelah dilakukan perhitungan iterasi, maka dilakukan pencarian terhadap biaya minimum yang terdapat pada minggu pertama. Setelah ditemukan biaya minimum, maka dilakukan perhitungan kembali total permintaan yang terdapat dalam biaya minimum berdasarkan data MPS yang ada untuk setiap minggu. Perhitungan kembali tersebut akan selesai bila sudah mencapai data MPS pada minggu ke-52.

**UJI COBA**

Untuk mengetahui hasil dari sistem optimasi kebutuhan bahan baku dengan menggunakan algoritma Wagner-Whitin, maka diperlukan data-data untuk melakukan uji yang dapat dilihat pada Tabel 3. Data uji tersebut akan digunakan sebagai contoh input dari user.

- Ujicoba Fase Pembangkitan



Gambar 5: Flowchart Fase Perhitungan ukuran Lot Algoritma Wagner-Whitin

Tabel 3: Daftar BOM

Data	1	2	3
Mean	40	10	70
Yt-1	150	100	250
Yt-2	120	80	220
Shi	-0.8	-0.7	-0.9
Tetha	0.7	0.4	0.5
Periode	550	550	550
mean error	14	7	20
standard deviation	7	2	10

Dari Tabel 4 bisa diketahui bahwa pada awal data pembangkitan bersifat fluktuatif atau naik turun. Data mulai stabil pada minggu ke-10. Interval dari satu data ke data lain bersifat acak, tidak membentuk suatu pola khusus. Hal ini dikarenakan ARIMA (1,1,1) menggunakan data minggu sebelumnya menjadi input untuk data mendatang dan kesalahan (error) yang dihitung menggunakan distribusi normal

- Ujicoba Fase Peramalan

Untuk setiap sekali proses peramalan akan dilakukan perhitungan data peramalan sebanyak 52 minggu atau 1 tahun. Dari hasil peramalan Tabel 5 dan Gambar 6 dapat diketahui bahwa data peramalan mempunyai kecenderungan nilai data yang selalu meningkat begitu pula data model. Suatu data model yang bagus harus selalu dapat mengikuti pola dari penyebaran data untuk data pembangkitan sehingga bila digambarkan dalam bentuk grafik pola dari data model dan data pembangkitan selalu berhimpitan.

- Uji Coba Fase Perhitungan Perencanaan Kebutuhan Bahan Baku dengan Algoritma Wagner-Whitin

Tabel 4: Pembangkitan Data Uji Coba 1

Week	Data	Week	Data	Week	Data
1	150	26	533	51	962
2	120	27	556	52	969
3	165	28	563	53	990
4	164	29	588	54	1013
5	194	30	603	55	1022
6	195	31	623	56	1045
7	221	32	638	57	1052
8	225	33	651	58	1077
9	249	34	672	59	1088
10	263	35	689	60	1118
11	282	36	708	61	1123
12	296	37	719	62	1159
13	312	38	744	63	1166
14	325	39	747	64	1191

Tabel 5: Peramalan Data Uji Coba 1

Week	Data	Week	Data	Week	Data	Week	Data
1	9419	14	9639	27	9859	40	10080
2	9436	15	9656	28	9876	41	10097
3	9453	16	9673	29	9893	42	10114
4	9470	17	9690	30	9910	43	10130
5	9487	18	9707	31	9927	44	10147
6	9504	19	9724	32	9944	45	10164
7	9521	20	9741	33	9961	46	10181
8	9538	21	9758	34	9978	47	10198
9	9555	22	9775	35	9995	48	10215
10	9572	23	9792	36	10012	49	10232
11	9588	24	9809	37	10029	50	10249
12	9605	25	9826	38	10046	51	10266
13	9622	26	9843	39	10063	52	10283

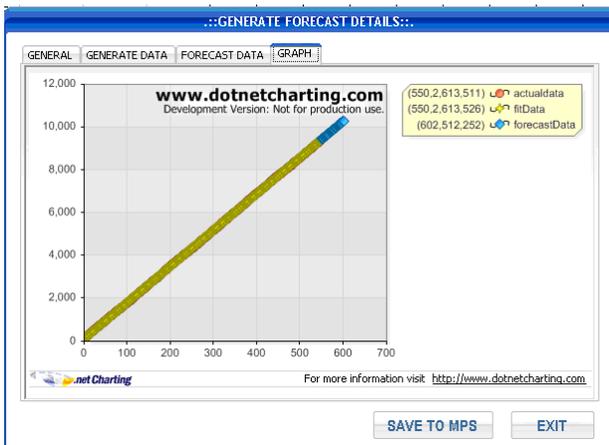
Pada fase ini uji coba diawali dengan memilih hasil peramalan yang sudah disimpan dalam bentuk data MPS pada fase MPS. *Setup cost*, *order cost*, *holding cost*, *unit cost* untuk setiap data uji coba diasumsikan sama. *Setup cost* adalah Rp 200.000,00; *order cost* adalah Rp 300.000,00; *holding cost* adalah Rp 2,00 dan *unit cost* adalah Rp 1000,00. Perhitungan Wagner-Whitin yang dilakukan oleh sistem ini menggunakan metode backward sehingga jumlah kebutuhan bahan baku yang dihitung terlebih dahulu adalah minggu terakhir dari *gross requirement*. Bila sudah dilakukan perhitungan untuk minggu terakhir, maka akan dilakukan perhitungan untuk minggu-minggu sebelumnya dengan menggunakan metode recursive seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.

Angka yang bercetak tebal pada Tabel 6 merupakan biaya minimum yang didapat untuk setiap iterasi. Biaya minimum tersebut nantinya akan dicari pola penggabungan minggu atau per periode yang mempunyai nilai biaya total terendah. Pola tersebut akan terbentuk seperti pada Tabel 7.

Pada Tabel 7 dapat diketahui bahwa gabungan periode untuk setiap data uji coba membentuk suatu pola gabungan. Untuk data uji coba 1 diketahui bahwa hanya pada periode pertama saja gabungan periode berjumlah 4 sedangkan untuk gabungan berikutnya adalah berjumlah 3. Begitu pula untuk data uji coba 2 dan data uji coba 3. Gabungan periode tersebut merupakan hasil dari penggabungan biaya minimum produksi untuk beberapa minggu.

**Tabel 7:** Data Gabungan Periode Perhitungan Lot dengan Wagner-Whitin untuk Produk Table

Data Uji	Gabungan Periode
1	1,2,3,4//5,6,7//8,9,10//11,12,13//14,15,16//17,18,19//20,21,22//23,24,25//26,27,28//29,30,31//32,33,34//35,36,37//38,39,40//41,42,43//44,45,46//47,48,49//50,51,52
2	1,2,3,4//5,6,7//8,9,10//11,12,13//14,15,16//17,18,19//20,21,22//23,24,25//26,27,28//29,30,31//32,33,34//35,36,37//38,39,40//41,42,43//44,45,46//47,48,49//50,51,52
3	1,2,3,4//5,6,7//8,9,10//11,12,13//14,15,16//17,18,19//20,21,22//23,24,25//26,27,28//29,30,31//32,33,34//35,36,37//38,39,40//41,42,43//44,45,46//47,48,49//50,51,52



**Gambar 6:** Grafik Peramalan Data Uji Coba 1

**Tabel 6:** Perhitungan Lot dengan Wagner-Whitin untuk Data Uji Coba 1

48	49	50	51	52
51768260	41491664	31218566	20949000	10483000
51727128	41471064	31218532	20769566	
51727026	41491562	31059664		
51768056	41353260			
51650320				

**SIMPULAN**

Dari permasalahan dan hasil uji coba yang dilakukan di atas dapat disimpulkan bahwa telah berhasil dibangun modul pembangkitan data dengan menggunakan metode

ARIMA (1,1,1). Data pembangkitan untuk semua data akan membentuk suatu pola yang sama. Data akan cenderung naik dari minggu ke minggu. Semakin besar input  $Y_{t-1}$  dan  $Y_{t-2}$  maka akan semakin besar pula nilai data pembangkitan dari minggu ke minggu. Data model mempunyai pola yang sama dengan data pembangkitan.

Selanjutnya, telah berhasil dibangun modul peramalan dengan menggunakan metode dekomposisi multiplikatif. Hasil dari uji coba peramalan dapat diketahui bahwa nilai MAPE adalah 0.52%, 0.36% dan 0.38% yang berarti hasil permodelan mempunyai akurasi sebesar 99.48%, 99.64% dan 99.68%. Nilai akurasi ditentukan dengan Hasil pengurangan Nilai Aktual permintaan produk dikurangi Nilai peramalan dibagi Nilai Aktual dikalikan 100%. Untuk ketiga data uji coba, memiliki kesamaan dalam hal data Model, data pembangkitan dan data peramalan. Data peramalan akan mempunyai kecenderungan naik dari minggu ke-1 sampai minggu ke-52. Setelah itu, telah berhasil juga dibangun modul optimasi perencanaan kebutuhan bahan baku dengan menggunakan algoritma Wagner-Whitin. Dengan algoritma tersebut, diperoleh hasil penggabungan pada minggu pertama akan menghasilkan biaya minimum untuk seluruh minggu produksi.

**DAFTAR PUSTAKA**

[1] Richter, K.: The Reverse Wagner/Whitin Model with Variable Manufacturing and Remanufacturing Cost. *International Journal of Production Economics* **71**(1-3) (2001) 447–456

[2] Staggemeier, A.T., Clark, A.R.: *A Survey of Lot-Sizing and Scheduling Models*. In: Proceedings of the 23rd Annual Symposium of the Brazilia Operational Research Society (SOBRAPO). (2001) 938–947

[3] Sutarman, Katon, W.: Perencanaan Kebutuhan dan Pengadaan Material Pesawat Telepon Tipe PTE 991 N-3. In: *INFOMATEK*. Volume 5. (2003)

[4] Douglas, A.L., Marchal, W.G., A., S.: *Statistical Techniques in Business and Economics*. 12th edn. Mc. Graw-Hill Companies Inc. (2005)

[5] Degraeve, Z., Jans, R.: *A New Dantzig-Wolfe Reformulation And Branch-And-Price Algorithm For The Capacitated Lot Sizing Problem With Set Up Times*. <http://hdl.handle.net/1765/275> (2003)