

## **Perencanaan Produksi Baja Lembaran Lapis Zinc dengan Metode *Linear Programming* pada PT Sermani Steel Corporation, Makassar**

Idayanti Nursyamsi dan Muhammad Ashdaq  
Universitas Hasanuddin Makassar

### ***Production Planning of Zinc Coated Sheet Steel Used Linear Programming Method at PT Sermani Steel Corporation, Makassar***

**ABSTRACT** *This research is aiming to conduct the demand forecasting of zinc coated sheet steel for the planned period of 2009, and to analyze the optimum production combination in terms of company's production cost utilization. The research was conducted at PT Sermani Steel Corporation that was located in Jl. Perintis Kemerdekaan, Makassar. Data used in this research was the primary and secondary data from the company, that were data of product of 2005-2008, employee data, material requirement data for each product, and also data about company's policies regarding the existing production planning. Those data were analyzed by using the forecasting demand techniques to obtain forecasting demand for 2009 as the planned period. Afterward, the aggregate production planning was conducted by using the linear programming method assisted by TORA software to obtain product combination with the minimum production cost. The research result showed that the combination of eleven products for the period of July 2009 by using the linear programming method has been proved to be able to minimize the production cost.*

**Keywords:** *cost minimization, linear programming, product combination, product planning.*

PT. Sermani Steel Corporation adalah salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang manufaktur. Produk yang dihasilkan berupa produk baja lembaran lapis 'zinc' dengan berbagai ukuran. Perusahaan ini memasarkan sebagian besar produknya ke wilayah Indonesia Timur. Sebagai perusahaan manufaktur mutlak diperlukan proses produksi yang baik guna memenuhi permintaan konsumen, di samping itu kualitas produk yang dihasilkan juga harus dapat dipertahankan. Namun dari survey pendahuluan diketahui bahwa perusahaan belum menerapkan sistem perencanaan produksi yang baik sehingga optimalisasi proses produksinya tidak tercapai. Hal ini terlihat dari belum maksimalnya perencanaan produksi yang akan dilakukan oleh departemen produksi dimana penentuan jumlah produksi hanya berdasarkan data permintaan bulan lalu dan menurut penulis hal ini jauh dari akurat. Ini mengakibatkan produksi produk jadi, tidak sebanding dengan permintaan konsumen, sehingga terjadi penumpukan barang jadi di gudang penyimpanan. Akibatnya modal yang tidak berputar menjadi besar dan timbul biaya penyimpanan produk jadi yang besar bagi perusahaan. Hal ini terlihat dari data produksi perusahaan pada Tabel 1.

Tabel 1. Produksi Baja Lembaran Lapis Zinc Tahun 2005-2008 (dalam ton)

Bulan	2005	%	2006	%	2007	%	2008
Januari	809.832	14,69	928.825	22,27	1.135.637	-11,17	1.008.751
Pebruari	833.239	-3,68	802.573	24,41	998.462	93,85	1.935.560
Maret	444.025	147,59	1.099.369	-4,20	1.053.245	83,78	1.935.652
April	967.919	-14,54	827.164	-21,67	647.881	124,82	1.456.567
Mei	970.393	0	0	0	1.135.780	58,62	1.801.575
Juni	915.270	0	0	0	722.881	107,51	1.500.045
Juli	469.527	0	0	0	766.221	135,02	1.800.755
Agustus	0	0	0	0	418.517	479,13	2.423.754
September	0	0	0	0	1.112.156	81,64	2.020.076
Oktober	0	0	0	0	583.955	73,01	1.010.298
Nopember	0	0	0	0	1.067.208	93,38	2.063.812
Desember	0	0	0	0	826.990	130,35	1.905.009
Total	5.410.205	-32,39	3.657.931	186,20	10.468.930	99,27	20.861.850

Sumber : Data produksi PT Sermani Steel Corporation (2005-2008)

Dari data produksi Tabel 1 terlihat total produksi mengalami kenaikan dari 2005 hingga 2008. Meskipun pada tahun 2006 mengalami penurunan produksi sebesar 32,39% dari produksi tahun 2005, namun pada 2007 dan 2008 mengalami peningkatan produksi sebesar masing-masing 186,20% dan 99,27% dari tahun sebelumnya. Sayangnya, perkembangan produksi yang pesat ini tidak diimbangi dengan perkembangan permintaan produk jadi yang pesat, seperti terlihat pada Tabel 2. Pada Tabel 2 terlihat penjualan produk baja lembaran lapis *zinc* yang meskipun mengalami peningkatan tetapi tidak sebanding dengan produksi yang dilakukan oleh PT Sermani Steel Corporation.

Tabel 2. Penjualan Produk Baja Lembaran Lapis *Zinc* Tahun 2005-2008 (dalam ton)

Bulan	2005	%	2006	%	2007	%	2008
Januari	391.289	-16,10	328.282	-1,69	322.719	41,12	455.425
Pebruari	260.659	-8,56	238.345	-16,28	199.535	21,01	241.463
Maret	254.184	1,88	258.961	-26,79	189.575	64,66	312.159
April	248.294	-26,35	182.865	-3,63	176.231	112,32	374.172
Mei	263.151	-18,36	214.849	-43,70	120.955	251,19	424.783
Juni	257.878	-20,52	204.971	14,10	233.863	88,89	441.749
Juli	287.104	13,42	325.621	24,50	405.397	-51,28	197.515
Agustus	346.716	22,82	425.822	-3,40	411.342	20,09	493.972
September	270.636	29,96	351.719	4,82	368.666	-6,41	345.032
Oktober	367.787	12,61	414.171	-46,80	220.322	118,13	480.583
Nopember	319.303	34,01	427.892	-57,58	181.526	105,79	373.566
Desember	295.029	-22,26	229.350	-8,37	210.154	94,15	408.020
Total	3.562.030	1,15	3.602.848	-15,61	3.040.285	49,61	4.548.439

Sumber : Data penjualan PT Sermani Steel Corporation (2005-2008)

Penelitian terdahulu yang mendasari penelitian ini diantaranya penelitian yang berjudul *Perencanaan Produksi Agregat Menggunakan Metode Linear Programming di Pabrik Otsuka Indonesia* oleh Sudiartono (2005). Pada penelitian ini, peneliti mengemukakan bahwa pengelolaan sistem produksi yang optimal mutlak perlu dilakukan untuk mendapatkan keuntungan semaksimal mungkin yang salah satunya dapat dilakukan melalui perencanaan agregat produksi yang baik. Perencanaan produksi memegang peranan penting dalam upaya memperkecil biaya dalam proses produksi (Heizer dan Render, 2005).

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis penentuan jumlah produksi masing-masing produk dalam setiap periode produksi serta kebijakan perencanaan produksi yang sebaiknya diterapkan oleh perusahaan agar didapatkan penggunaan sumber daya yang seoptimal mungkin.

### **Peramalan Permintaan**

Peramalan permintaan adalah perkiraan tingkat permintaan satu atau lebih produk selama beberapa periode mendatang. Peramalan pada dasarnya merupakan suatu ‘taksiran’. Namun demikian dengan menggunakan teknik-teknik tertentu maka peramalan bukan hanya sekedar taksiran. Dapat dikatakan peramalan tersebut merupakan ‘taksiran ilmiah’. Tentu saja peramalan akan menjadi semakin baik jika mengandung sesedikit mungkin kesalahan, walaupun kesalahan peramalan merupakan hal yang manusiawi. Agar berarti, maka hasil peramalan seharusnya dinyatakan dalam bentuk satuan produk (unit) dan mencakup periode peramalan tertentu.

### **Metode Peramalan Deret Waktu**

#### **Metode *Moving Average***

Metode rata-rata bergerak (*Moving Average*) adalah metode yang banyak digunakan untuk menentukan *trend* dari suatu deret waktu. Dengan menggunakan metode rata-rata bergerak ini, deret berkala dari suatu data asli diubah menjadi deret rata-rata bergerak yang lebih mulus dan tidak tergantung pada osilasi sehingga lebih memungkinkan untuk menunjukkan trend dasar atau siklus dalam pola data sepanjang waktu.

Secara matematis, *Moving Average* dinyatakan dalam persamaan :

$$MA = \frac{A_t + A_{t-1} + \dots + A_{t-(n-1)}}{n} \quad (1)$$

Dalam hal ini,

$A_t$  = Permintaan aktual dalam periode-t

$n$  = Jumlah data permintaan yang dilibatkan dalam perhitungan MA.

#### **Rata-rata Bergerak Dengan Bobot (*Weighted Moving Average*)**

Secara matematis, *Weighted Moving Average* dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$Weighted Moving Average = \sum W_t \cdot A_t \quad (2)$$

Dalam hal ini,

$W_t$  = Bobot permintaan aktual pada periode-t

$A_t$  = Permintaan aktual pada periode-t

Dengan keterbatasan bahwa

$$\sum W_t = 1 \quad (3)$$

#### **Metode *Exponential Smoothing***

Peramal pada *Exponential Smoothing* menekankan pada permintaan yang paling baru dan bukan permintaan pada periode-periode sebelumnya. Kelemahan teknik *Moving Average*

dalam kebutuhan data-data masa lalu yang cukup banyak dapat diatasi dengan metode *Exponential Smoothing*. Model matematis dari *Exponential Smoothing* dapat dikembangkan dari persamaan:

$$F_t = \alpha f_t + (1 - \alpha)F_{t-1} \quad (4)$$

Dalam hal ini,

$F_t$  = Nilai peramalan

$\alpha$  = Suatu nilai ( $0 < \alpha < 1$ ) yang ditentukan secara subjektif

$f_t$  = Permintaan actual pada periode-t

$F_{t-1}$  = Nilai peramalan sebelumnya

### Pemilihan Metode Peramalan

Bagi pemakai ramalan, ketetapan ramalan yang akan datang adalah yang paling penting yaitu agar suatu model errornya minimum.

Metode untuk mengukur ketetapan peramalan, diantaranya :

- a. Deviasi / penyimpangan absolut purata (*Mean Absolute Deviation / MAD*)  
Hitung kesalahan absolut, dimana nilai positif dan nilai negative merupakan harga mutlak. Kemudian cari rata-rata kesalahan absolut selama beberapa periode.
- b. Kesalahan Kuadrat Purata (*Mean Square Error / MSE*)  
Setiap kesalahan dikuadratkan dalam menghitung purata nilai yang dikuadratkan tersebut.
- c. Rata-rata kesalahan peramalan (*Mean Forecast Error = MFE*)  
MFE sangat efektif untuk mengetahui apakah suatu hasil peramalan selama periode tertentu terlalu tinggi atau terlalu rendah.

### Perencanaan Produksi

Perencanaan adalah fungsi manajemen yang paling pokok dan sangat luas meliputi perkiraan dan perhitungan mengenai kegiatan yang akan dilaksanakan pada waktu yang akan datang mengikuti suatu urutan tertentu. Perencanaan merupakan salah satu sarana manajemen untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan karena itu setiap tingkat manajemen dalam organisasi sangat membutuhkan aktivitas perencanaan.

### Riset Operasi

Riset operasi berusaha menerapkan arah tindakan terbaik (optimum) dari sebuah masalah keputusan dibawah pembatasan sumber daya yang terbatas (Taha, 1996a).

### Pemrograman Linier

Keberhasilan sebuah teknik riset operasi pada akhirnya diukur berdasarkan penyebaran penggunaannya sebagai alat pengambilan keputusan. Pemrograman linier (*linear programming/LP*) telah terbukti merupakan salah satu alat riset operasi yang paling efektif. Pemrograman linier merupakan teknik matematik yang didesain untuk membantu manajer dalam perencanaan dan pengambilan keputusan penggunaan sumber daya ekonomi yang

dimiliki oleh suatu perusahaan sehingga pemrograman linier dapat dijadikan sebagai alat pengambilan keputusan, baik dari sudut pandang formulasi maupun pemecahan (Taha, 1996b).

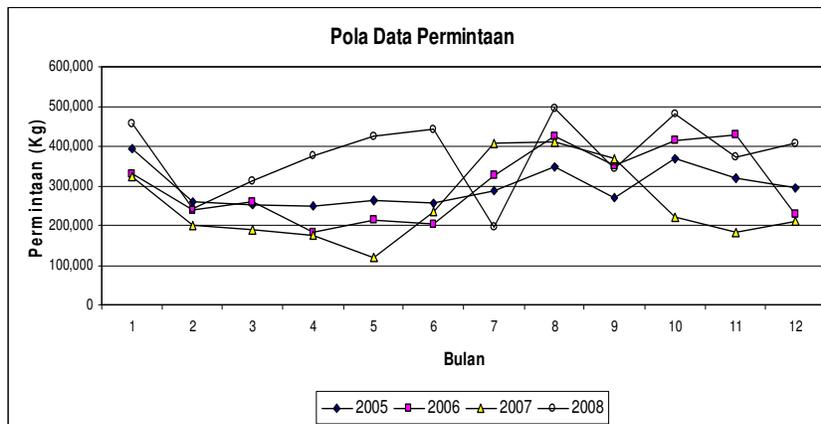
## Metode Penelitian

### Data

Data permintaan produk diperoleh dari PT Sermani Steel Corporation Makassar, berupa data permintaan produk untuk periode 4 tahun (periode 2005-2008) yang terdiri dari 11 jenis produk (Gambar 1). Produk-produk tersebut terbagi menjadi 2, yaitu baja lembaran lapis *zinc* gelombang kecil dan baja lembaran lapis *zinc* dengan gelombang besar. Baja lembaran lapis *zinc* gelombang kecil terdiri dari 6 jenis, dengan ukuran 0,20 x 762 x 1524 ; 0,20 x 762 x 1829 ; 0,20 x 762 x 2134 ; 0,20 x 762 x 2743 ; 0,20 x 762 x 2438 ; 0,20 x 762 x 3048. Baja lembaran lapis *zinc* dengan gelombang besar terdiri dari 5 jenis dengan ukuran 0,20 x 914 x 1829 ; 0,25 x 914 x 1829 ; 0,30 x 914 x 1829 ; 0,35 x 914 x 1829 ; 0,50 x 914 x 1829.

Dari grafik pola permintaan pada Gambar 1, terlihat tidak menunjukkan pola *trend*, pola musiman maupun pola siklikal. Pola diatas menunjukkan pola *Eratik/Random*. Suatu pola dikatakan eratik atau *random* apabila fluktuasi data permintaan dalam jangka panjang tidak dapat digambarkan oleh ketiga pola lainnya. Fluktuasinya bersifat acak atau tidak jelas. Tidak ada metode peramalan yang direkomendasikan untuk pola data ini. Hanya saja, tingkat kemampuan seorang analis peramalan sangat menentukan dalam pengambilan kesimpulan mengenai pola data (Teguh Baroto. 2002).

Pada pola data yang ditunjukkan pada Gambar 1 terlihat pola data yang tidak beraturan atau random, sebab untuk tahun 2008 pola data permintaan yang ditunjukkan tidak jelas, sedangkan untuk tahun 2005, 2006 dan 2007 cenderung menunjukkan pola data siklikal. Pola data siklikal adalah apabila fluktuasi permintaan jangka panjang membentuk pola sinusoid atau gelombang atau siklus.



Gambar 1. Grafik Pola Data Permintaan 2005-2008  
Sumber: Data Penjualan Perusahaan 2005-2008

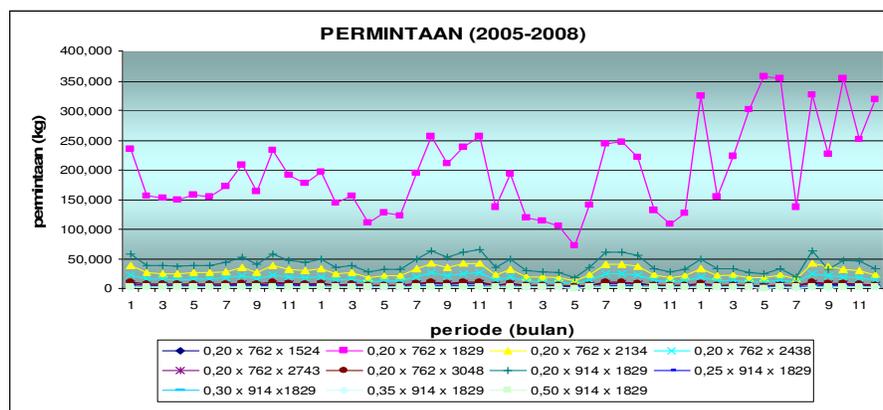
## Metode Peramalan

Metode peramalan yang sesuai apabila data berpola siklikal adalah *metode moving average*, *weight moving average* dan *eksponensial smoothing* (Baroto, 2002).

### Peramalan Permintaan Produk

Langkah dalam proses peramalan permintaan produk dilanjutkan dengan proses pengolahan data dengan menggunakan metode yang telah ditentukan setelah itu dilanjutkan dengan menghitung tingkat kesalahan dari hasil yang didapatkan dari metode-metode tersebut dan dipilih tingkat kesalahan terkecil yang akan ditetapkan sebagai hasil peramalan permintaan untuk tahun rencana.

Dalam pengolahan data yang dilakukan peneliti untuk mendapatkan hasil peramalan adalah dengan menggunakan metode *Moving Average* dengan 3, 4, 5 periode. Metode ini dipilih karena dengan melihat pola data yang bervariasi acak dan berada dalam model garis lurus, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Grafik permintaan masing-masing produk (2005-2008)  
Sumber: Data Penjualan perusahaan 2005-2008

Angka 3, 4, dan 5 dipilih secara subjektif dengan melihat pola dan model data yang ditunjukkan pada grafik dimana peneliti ingin melihat kepekaan dari hasil peramalan *Mooving Average* berdasarkan data 3 bulanan, 4 bulanan dan 5 bulanan, karena dari pola data yang terlihat tidak menunjukkan perubahan permintaan yang sangat drastis. Hal yang sama juga mendasari pemilihan metode peramalan *Weighted Moving Average* dengan nilai bobot (*weight*) 0,2 ; 0,3 ; 0,5 – 0,1 ; 0,3 ; 0,6 – 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4. pemilihan angka-angka pembobotan tersebut karena peneliti ingin lebih berfokus kepada jumlah permintaan terbaru sebab permintaan produk yang terbaru biasanya lebih mendekati jumlah yang akan terjadi (Subagyo, 1986). Jumlah keseluruhan bobot yang ditetapkan dalam peramalan *time series* metode *Weighted Moving Average* adalah 1 ( $\sum w = 1$ ). Demikian halnya dengan pemilihan angka penghalusan dalam metode *Exponential Smoothing*. Angka penghalusan (*smoothing*) yang digunakan adalah  $\alpha=0,1$  ;  $\alpha=0,2$  ;  $\alpha=0,3$  ;  $\alpha=0,7$  ;  $\alpha=0,8$  ;  $\alpha=0,9$  dimana nilai  $\alpha$  (*smoothing*) ini terletak diantara nol dengan satu. Besar  $\alpha$  yang dipilih adalah dengan cara memasukkan angka yang dipilih ke dalam perhitungan *Exponential Smoothing* dan menghitung kesalahan peramalan kemudian memilih hasil peramalan dengan kesalahan yang terkecil (Subagyo, 1986).

### **Pemilihan Metode Peramalan**

Untuk menentukan metode peramalan yang dipilih, maka masing-masing parameter ukuran kesalahan peramalan dari hasil perhitungan metode peramalan dibandingkan. Tidak ada ketentuan mengenai berapa tingkat kesalahan maksimal atau minimal dalam peramalan (Baroto, 2002), namun hasil peramalan yang dipilih adalah berdasarkan tingkat kesalahan yang terkecil. Dari perhitungan kesalahan peramalan yang telah dilakukan, kesalahan terkecil terlihat adalah dengan menggunakan metode *Weighted Moving Average* (0,1 ; 0,3 ; 0,6).

### *Analisis Data*

#### **Peramalan permintaan produk baja**

Peramalan permintaan produk baja lembaran lapis zinc untuk periode perencanaan tahun 2009 dilakukan melalui beberapa tahap:

- Pengumpulan dan pengelompokan data dengan metode tabulasi,
- Peramalan permintaan produk dilakukan dengan menggunakan alat *forecasting* berdasarkan data *time series* yang didapatkan. Alat peramalan yang digunakan diantaranya dengan metode *moving average*, *weighted moving average* dan *exponential smoothing*. Dengan asumsi seri data yang terlihat tidak menunjukkan adanya suatu trend tertentu atau terdapat cukup variasi dalam seri data.
- Pengukuran ketepatan hasil peramalan dilakukan dengan menggunakan beberapa metode pengukuran kesalahan peramalan. Diantaranya *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*, *Mean Absolute Deviation (MAD)*, *Mean Squared Error (MSE)* dan *Mean Forecast Error (MFE)*. Hasil perhitungan tersebut dipilih yang paling kecil kesalahannya untuk digunakan sebagai hasil peramalan.

#### **Perencanaan agregat produksi**

Perencanaan agregat produksi dilakukan dengan menggunakan metode *linear programming* dengan bantuan *software* TORA.

## **Hasil dan Pembahasan**

### *Pengukuran Waktu Proses Produksi*

Perhitungan waktu proses produksi dilakukan untuk melihat waktu yang dibutuhkan dalam setiap proses produksi yang terjadi pada line produksi. Pengukuran waktu kerja ini dilakukan dengan menggunakan jam henti (*stopwatch*) terhadap tiap pak/coil bahan baku yang diproses. Hasil dari pengukuran yang dilakukan peneliti dapat dilihat pada Tabel 3.

### *Perhitungan Jumlah Kapasitas Produksi*

Perhitungan kapasitas produksi dilakukan untuk mengetahui jumlah produk yang mampu dihasilkan oleh fasilitas produksi yang dimiliki oleh perusahaan saat ini. Perhitungan kapasitas produksi nantinya digunakan untuk perencanaan dan perhitungan biaya produksi. Jam kerja mesin untuk masing-masing shift adalah 7 jam kerja dan 1 jam istirahat.

Tabel 3. Tabel Pengukuran Waktu Kerja Tiap Pak Bahan Baku pada *Line* Produksi Perusahaan

Main Process	Specific Process	Waktu (detik)			Waktu rata-rata	Total
<i>Shearing line</i> (pemotongan)	memindahkan coil dari gudang bahan baku	305	300	309	305	8.124
	memasang coil pada dudukan	301	289	289	293	
	mengeset mesin	298	304	302	301	
	proses pemotongan	7.230	7.225	7.219	7.225	
<i>Galvanizing line</i> (pelapisan)	memasang baja lembaran pada dudukan	376	322	340	346	9.364
	proses pelapisan zinc	9.023	9.014	9.016	9.018	
Pendiaman	inspeksi hasil	86.400	86.400	86.400	86.400	86.400
<i>Corrugation line</i> (penggelombang)	proses pembentukan gelombang	1.812	1.800	1.819	1.810	1.915
	pengangkutan ke gudang produk jadi	100	94	120	105	
<b>Total</b>					<b>105.802</b>	

Waktu rata-rata kegiatan untuk setiap unit proses utama yang berlangsung pada line produksi perusahaan ditunjukkan pada Tabel 3.

- *Shearing Line*

Waktu total rata-rata pada proses pemotongan setiap satu rol coil (baja gulungan) adalah selama 8.124 detik = 135,4 menit = 2,26 jam.

- *Galvanizing Line*

Waktu total rata-rata proses pelapisan baja lembaran dengan lapisan *zinc* untuk setiap satu coil adalah 9.364 detik = 156,07 menit = 2,60 jam.

- Proses Inspeksi Hasil Pelapisan

Waktu total rata-rata dalam proses inspeksi dan pendiaman produk setelah dilapis dengan *zinc* dalam proses *galvanizing* adalah 86.400 detik = 1440 menit = 24 jam.

- *Corrugation Line*

Waktu total rata-rata dalam proses pembentukan gelombang (*corrugation*) adalah selama 1.915 detik = 31,92 menit = 0,53 jam.

Jadi, waktu total rata-rata yang dibutuhkan dalam membuat baja lembaran lapis *zinc* dari sebuah coil (baja gulungan) adalah selama  $2,26 + 2,60 + 0,53 = 5,39$  jam apabila proses tersebut berlangsung secara berurutan dan saling menunggu antara satu proses dengan yang lainnya. Namun kenyataannya operasional yang berlangsung pada masing-masing proses berlangsung tanpa menunggu selesainya proses secara keseluruhan, disebabkan karena masing-masing waktu yang dibutuhkan untuk berproduksi pada masing-masing unit produksi berbeda-beda. Jadi kapasitas produksi dihitung berdasarkan waktu terlama dari ketiga unit proses tersebut dan merupakan proses yang terpenting dalam proses produksi produk baja lembaran lapis *zinc*, yaitu proses *galvanizing*.

Kapasitas produksi untuk tiap *shift* = Jumlah coil per *shift* x berat rata-rata produk jadi setiap coil.

$$7,00 \text{ jam} : 2,60 \text{ jam} = 2,69 \text{ coil/shift.}$$

$$2,69 \text{ coil/shift} \times 4.888 \text{ kg/coil} = 13.148,72 \text{ kg produk/shift}$$

Jadi, kapasitas produksi rata-rata setiap *shift* adalah sebesar 13.148,72 kg produk jadi.

### Perhitungan Biaya Produksi Reguler

Biaya produksi reguler terdiri dari biaya tenaga kerja langsung, biaya material langsung dan biaya *overhead*.

#### Biaya tenaga kerja langsung

Biaya tenaga langsung meliputi biaya tenaga kerja reguler dan *overtime* dipisahkan berdasarkan unit proses produksi dan *shift* kerja. Tabel 4 menggambarkan jumlah tenaga kerja langsung pada tiap unit proses, sementara Tabel 5-7 menggambarkan biaya-biaya yang berkaitan dengan tenaga kerja: biaya umum tenaga kerja, biaya khusus tenaga kerja, dan biaya gaji tenaga kerja reguler beserta gaji pokok untuk setiap bulan.

Tabel 4. Tabel Jumlah Tenaga Kerja Langsung pada Tiap Unit Proses

Unit Proses	Shift 1	Shift 2	Shift 3
<i>shearing line</i>	3 orang	3 orang	3 orang
<i>galvanizing line</i>	8 orang	8 orang	8 orang
<i>corrugation line</i>	5 orang	5 orang	5 orang

Sumber: Departemen GA & Personel PT Sermani Steel Corporation

Tabel 5. Tabel Biaya Umum Tenaga Kerja untuk Tiap *Shift*

Waktu	Gaji Pokok/ bulan	Transportasi/ hari	Makan/ hari	Duty Allowance/ hari	Efficiency Allowance/ hari
Shift 1,2,3	800.000	10.100	20.500	1.250	1.250

Sumber: Departemen Keuangan PT Sermani Steel Corporation

Tabel 6. Tabel Biaya Khusus Tenaga Kerja

Shift 2	11.000/orang/hari
Shift 3	15.000/orang/hari
Tunjangan Panas	Unit galvanizing (2 orang/shift) = @ Rp10.300

Sumber: Departemen Keuangan PT Sermani Steel Corporation

Tabel 7. Tabel Biaya Tenaga Kerja Reguler Beserta Gaji Pokok untuk Setiap Bulan

Bulan	Hari Kerja	<i>Shearing Line</i>	<i>Galvanizing Line</i>	<i>Corrugation Line</i>	Total
Juli	26	16.973.400	46.869.200	28.289.000	92.131.600
Agustus	25	16.597.500	45.805.000	27.662.500	90.065.000
September	24	16.221.600	44.740.800	27.036.000	87.998.400
Oktober	27	17.349.300	47.933.400	28.915.500	94.198.200
Nopember	24	16.221.600	44.740.800	27.036.000	87.998.400
Desember	25	16.597.500	45.805.000	27.662.500	90.065.000

Sumber: Departemen Keuangan PT Sermani Steel Corporation

Selain biaya tenaga kerja reguler, juga terdapat biaya tenaga kerja *overtime* atau lembur. Perhitungan biaya *overtime* berbeda dengan perhitungan biaya tenaga kerja reguler, sebab penentuan gaji *overtime* karyawan berdasarkan jam kerja pada waktu *overtime* dari masing-

masing karyawan. Dalam Tabel 8 terlihat biaya *overtime* yang dibayarkan kepada karyawan per jam.

Tabel 8. Tabel Biaya Overtime per Jam

I	II	III	IV
Rp4.180,00	Rp5.570,00	Rp8.350,00	Rp11.140,00

Sumber. Departemen keuangan PT Sermani Steel Corporation

Perhitungan biaya overtime yang didapatkan karyawan dapat dijelaskan sebagai berikut: apabila seorang karyawan diminta untuk melakukan lembur pada *shift* 1 pada hari libur nasional maka karyawan tersebut akan mendapatkan upah lembur sebesar 1 x ongkos lembur pada jam I ditambah 6 x ongkos lembur pada jam II.

$$1 \times \text{Rp}4.180,00 = \text{Rp}4.180,00$$

$$6 \times \text{Rp}5.570,00 = \text{Rp}33.420,00$$

$$\text{Total} = \text{Rp}4.180,00 + \text{Rp}33.420,00 = \text{Rp}37.600,00$$

### Biaya material langsung

Biaya material langsung merupakan biaya variabel (*variable cost*) maka akan dikonversikan ke dalam satuan kg untuk tiap-tiap produk. Dalam pembuatan seng lembaran, material langsung yang digunakan adalah *Cold Rolls Steel Sheet in Coil* dan *zinc ingot* (yang digunakan pada proses pelapisan). Selain itu terdapat bahan baku pembantu yang digunakan dalam proses produksi baja lembaran lapis *zinc* ini, diantaranya NH<sub>4</sub>Cl, HCl, Lead Ingot, Heavy Oil, Light Oil, Algava, Chromic Acid, Sermani Fluks. Total biaya bahan baku dan bahan baku pembantu bisa dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Tabel Biaya Bahan Baku Utama dan Pembantu

Biaya	2007	2006	2005
Bahan Baku Utama dan Pembantu (Rp)	13.500.245.000,00	13.502.070.000,00	11.153.244.000,00
Hasil Produksi (Kg)	10.468.933,00	3.657.931,00	5.530.205,00
Biaya Bahan Baku/Kg Produk (Rp)	1.289,55	3.691,18	2.016,79
Rata-rata Biaya Bahan Baku/Kg Produk (Rp)	2.332,51	2.332,51	2.332,51

Sumber. Departemen Keuangan PT Sermani Steel Corporation

Pada Table 9 terlihat biaya rata-rata bahan baku untuk produk baja lembaran lapis *zinc* adalah sebesar Rp. 2.332,51 per kg produk.

### Biaya overhead

Biaya *overhead* pabrik merupakan biaya-biaya yang timbul dalam proses produksi pada perusahaan. Biaya ini diantaranya biaya listrik, biaya pemeliharaan dan perbaikan mesin, depresiasi mesin, dll. Perhitungan biaya ini didapatkan dari perusahaan, dimana biaya total setiap tahun yang didapatkan dari perusahaan dibagi dengan hasil produksi pada tahun yang bersangkutan, sehingga didapatkan biaya *overhead* pabrik untuk tiap satuan produk. Hasil perhitungan biaya *overhead* ditunjukkan pada Table 10.

Tabel 10. Tabel biaya *overhead* pabrik

Tahun	2007	2006	2005
Overhead Pabrik (Rp)	509.561.000,0	512.209.000,0	507.802.000,0
Hasil Produksi (Kg)	10.468.933,00	3.657.931,00	5.530.205,00
Overhead per Kg Produk (Rp)	48,67	140,03	91,82
Rata-rata Overhead per Kg Produk (Rp)	93,51	93,51	93,51

Sumber. Departemen keuangan PT Sermani Steel Corporation

Jadi, biaya *overhead* pabrik adalah sebesar Rp93,51 per kg produk. Biaya ini didapatkan dari rata-rata biaya *overhead* pabrik untuk setiap kg produk dari tahun 2005-2007.

### Perhitungan biaya produksi agregat

Untuk melakukan perencanaan produksi agregat dibutuhkan variabel biaya produksi yang meliputi biaya produksi regular dan biaya produksi *overtime* yang kesemuanya dikonversikan ke dalam biaya produksi per satuan produk.

Dari perhitungan yang telah dilakukan di depan, didapatkan biaya-biaya yang digunakan dalam perencanaan agregat adalah :

Biaya Material Langsung= Rp2.332,51 per kg  
 Biaya *Overhead*= Rp93,51 per kg

Tabel 11. Biaya per kg dengan Gaji Pokok untuk Produk 0,20 x 762 x 1524

Bulan	shearing 1	shearing 2	shearing 3
Juli	4,72	5,53	5,83
	galvanizing 1	galvanizing 2	galvanizing 3
	13,44	15,67	16,48
	corrugation 1	corrugation 2	corrugation 3
	0,93	1,22	1,32
	shift 1	shift 2	shift 3
	19,10	22,42	23,63

Tabel 12. Biaya Overtime per Kg untuk produk 0,20 x 762 x 1524

Bulan	shearing 1	shearing 2	shearing 3
Juli	5,23	6,46	7,70
	galvanizing 1	galvanizing 2	galvanizing 3
	14,82	18,20	21,58
	corrugation 1	corrugation 2	corrugation 3
	1,82	2,25	2,68
	shift 1	shift 2	shift 3
	21,87	26,91	31,96

Total biaya produksi regular rata-rata/kg = Biaya Material Langsung + Biaya *Overhead* +  
 Biaya Produksi Reguler Rata-rata per Kg = Rp2.447,73

Total biaya produksi *overtime* rata-rata/kg = Biaya Material Langsung + Biaya *Overhead* +  
 Biaya Produksi *Overtime* Rata-rata per Kg = Rp2.452,93

Jadi, total biaya produksi rata-rata untuk produk 0,20 x 762 x 1.524 pada bulan Juli adalah Rp2.447,73 + Rp2.452,93 = Rp4.900,67 per Kg.

Perhitungan yang sama dilakukan pada kesepuluh produk lainnya, yang nantinya akan digunakan dalam penentuan fungsi tujuan untuk pemecahan masalah *linear programming*.

### ***Perhitungan Safety Stock***

Dalam penelitian ini, peneliti menghitung *safety stock* perusahaan untuk menentukan *upper bound* atau batas maksimal produk yang akan diproduksi sehingga perusahaan dapat tetap memenuhi permintaan pasar meskipun terjadi *stock out*. Dimana dalam perhitungan ini, manajemen perusahaan PT Sermani Steel Corporation menentukan *service level* sebesar 95% yang berarti manajemen memberikan toleransi terjadinya kekurangan 5 kali untuk setiap 100 siklus permintaan. Nilai Z yang berkorelasi dengan 95% adalah 1,645 (dapat dilihat pada table kurva normal).

Rumus yang digunakan untuk menghitung *safety stock* dan *upper bound* adalah sebagai berikut :

$$SS = Z_a \sqrt{Ltxsd} \quad (5)$$

Sebelum menghitung *safety stock* terlebih dahulu dilakukan perhitungan standar deviasi permintaan ( $S_d$ ). Pada permasalahan ini, *lead time* pemesanan bahan baku baja lembaran adalah 1 bulan (30 hari). Jadi diasumsikan bahwa permintaan pasar akan produk selama *lead time* pemesanan bahan baku dianggap sama dengan jumlah penjualan produk pada periode tersebut. Untuk menghitung  $S_d$  digunakan persamaan sebagai berikut:

$$sd = \sqrt{\frac{\sum (X - Y)^2}{n - 1}} \quad (6)$$

Dalam hal ini,

sd= Standar Deviasi

Y= peramalan permintaan produk yang bersangkutan

X= permintaan actual produk yang bersangkutan

n= jumlah periode

Contoh perhitungan *safety stock* untuk baja lembaran lapis *zinc* gelombang kecil dengan ukuran 0,20 x 762 x 1524 adalah sebagai berikut:

$$sd = \sqrt{\frac{27.481.593}{5}} = 2.344,42$$

$$\begin{aligned} ss &= 1,645 \sqrt{30 \times 2.344,42} \\ &= 436,26 \text{ kg} \end{aligned}$$

### ***Perumusan Fungsi Tujuan dan Kendala***

Dari perhitungan yang telah dilakukan yaitu perhitungan biaya produksi yang timbul dari masing-masing produk yang dibuat dan akan dijadikan fungsi tujuan, yaitu :

$$Z (\text{min}) = 4900,67X_1 + 4900,76X_2 + 4899,74X_4 + 4899,11X_4 + 4900,17X_5 + 4900,64X_6 + 4902,39X_7 + 4902,54X_8 + 4899,81X_9 + 4899,65X_{10} + 4900,17X_{11}$$

Dalam hal ini, X1 sampai X11 merupakan 11 macam produk seng yang di produksi. Fungsi kendala dalam permasalahan ini adalah kendala kapasitas mesin, kendala permintaan produk, kendala persediaan bahan baku.

### Kendala Kapasitas Mesin

Untuk kendala kapasitas mesin akan dihitung total jam kerja yang tersedia dalam satu bulan. Jumlah hari kerja pada bulan Juli 2009 adalah 26 hari kerja dan 5 hari libur, yang merupakan hari aktivitas proses produksi pada PT Sermani Steel Corporation Makassar termasuk waktu *overtime*.

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian sebelumnya, pada perusahaan dalam setiap hari kerja terdapat 3 shift dimana masing-masing shift kerja terdiri dari 7 jam kerja dengan kapasitas mesin per shift adalah 13.148,72 kg/shift, yang berarti kapasitas mesin per hari adalah  $13.148,72 \times 3 \text{ shift} = 39.446,16 \text{ kg/hari}$ .

Karena mesin yang digunakan pada PT Sermani Steel Corporation dianggap memiliki efisiensi 100%, maka kapasitas mesin dalam berproduksi dalam bulan Juli 2009 adalah :

Kapasitas mesin = 31 hari x 39.446,16 kg = 1.222.830,96 kg/bulan

Dengan demikian kendala kapasitas mesin adalah :

$$X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10+X11 \leq 1.222.830,96$$

### Kendala Permintaan Produk

Permintaan dijadikan sebagai fungsi kendala karena berkaitan erat dengan rencana produksi. Kendala permintaan berdasarkan hasil ramalan permintaan pada bulan Juli 2009 seperti yang telah dihitung sebelumnya, dimana masing-masing permintaan baja lembaran lapis *zinc* diramalkan seperti yang digambarkan pada Tabel 13.

### Kendala Persediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk memproduksi produk baja lembaran lapis *zinc* adalah baja lembaran atau *Cold Rolles Steel Sheed In Coil* yang nantinya akan diproses oleh PT Sermani Steel Makassar menjadi lembaran seng. Jumlah bahan baku yang digunakan oleh masing-masing produk berbeda sesuai dengan ketebalannya. Bahan baku *zinc* yang digunakan dalam pelapisan. Khusus untuk pemakaian bahan baku *zinc*, memiliki presentasi pemakaian untuk masing-masing produk.

Tabel 13. Tabel Peramalan Permintaan Produk

Variable	Produk	Permintaan
X1	0,20 x 762 x 1524	3.999,30
X2	0,20 x 762 x 1829	349.911,80
X3	0,20 x 762 x 2134	19.997,50
X4	0,20 x 762 x 2438	11.998,50
X5	0,20 x 762 x 2743	3.999,30
X6	0,20 x 762 x 3048	4.999,45
X7	0,20 x 914 x 1829	29.996,25
X8	0,25 x 914 x 1829	1.999,95
X9	0,30 x 914 x 1829	999,80
X10	0,35 x 914 x 1829	999,80
X11	0,50 x 914 x 1829	999,80

Bahan baku baja lembaran yang tersedia pada pertengahan bulan Mei 2009 adalah 2.565 ton baja lembaran untuk jenis produk X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7 jika dikonversikan ke dalam kg maka menghasilkan produk sebanyak 2.565.000 kg.

Bahan baku untuk jenis produk 0,25 x 914 x 1829 sebesar 27 ton, jika dikonversikan ke dalam kg maka dapat menghasilkan produk sebanyak 27.000 kg, bahan baku untuk jenis produk 0,30 x 914 x 1829 ; 0,35 x 914 x 1829 dan 0,50 x 914 x 1829 masing-masing sebesar

13,5 ton, jika dikonversikan ke dalam kg maka dapat menghasilkan produk sebanyak 13.500 kg. Sehingga fungsi kendalanya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 \leq 2.565.000$$

$$X8 \leq 27.000$$

$$X9 \leq 13.500$$

$$X10 \leq 13.500$$

$$X11 \leq 13.500$$

Sedangkan untuk bahan baku *Zinc* yang tersedia adalah sebesar 85 ton, dimana tiap jenis produk menggunakan kadar pemakaian *Zinc* yang berbeda-beda, yaitu 0,05 kg/lembar untuk produk X1; 0,06 kg/lembar untuk produk X2; 0,07 kg/lembar untuk produk X3; 0,08 kg/lembar untuk produk X4; 0,09 kg/lembar untuk produk X5; 0,1 kg/lembar untuk produk X6; dan untuk produk X7 - X11 sama-sama menggunakan kadar *Zinc* sebesar 0,06 kg/lembar. Dengan demikian, fungsi kendala dapat dituliskan:

$$X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11 \leq 85.000$$

### ***Lower Bound dan Upper Bound***

*Lower bound* sebagai batas bawah atau batas minimal dari total produksi untuk satu periode. Nilai *lower bound* dalam permasalahan ini diambil dari hasil peramalan. Karena dalam memproduksi baja lembaran lapis seng perusahaan juga memperhitungkan *safety stock*, maka hasil perhitungan *safety stock* akan ditambahkan dengan nilai dari *lower bound*, sehingga penjumlahan tersebut akan menjadi nilai dari *upper bound* untuk permasalahan ini. Nilai *lower bound* dan *upper bound* dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Tabel *Lower Bound* dan *Upper Bound* untuk masing-masing Produk pada Bulan Juli 2009

Produk	Lower Bound (kg)	Safety Stock (kg)	Upper Bound (kg)
0,20 x 762 x 1524	3.999,30	436,25	4.435,55
0,20 x 762 x 1829	349.911,80	3.147,23	353.059,03
0,20 x 762 x 2134	19.997,55	993,14	20.990,69
0,20 x 762 x 2438	11.998,50	759,22	12.757,72
0,20 x 762 x 2743	3.999,30	442,82	4.442,12
0,20 x 762 x 3048	4.999,45	482,25	5.481,70
0,20 x 914 x 1829	29.996,25	1.291,31	31.287,56
0,25 x 914 x 1829	1.999,95	315,81	2.315,76
0,30 x 914 x 1829	999,80	220,50	1.220,30
0,35 x 914 x 1829	999,80	238,16	1.237,96
0,50 x 914 x 1829	999,80	206,69	1.206,49

Sumber. Departemen Produksi PT Sermani Steel Corporation

Kendala Non Negativitas:

$$X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X9, X10, X11 \geq 0$$

### ***Perencanaan Produksi Seng Lembaran***

Hasil perencanaan produksi yang perlu dilakukan oleh PT Sermani Steel Corporation untuk bulan Juli 2009 bisa dilihat pada Tabel 15. Apabila perencanaan ini diterapkan oleh *line* produksi PT Sermani Steel, maka akan didapatkan biaya produksi yang paling minimal yaitu sebesar Rp2.106.850.120,00.

### Perbandingan Hasil Kombinasi Produk Optimal dengan Menggunakan *Linear Programming* dengan Kebijakan Produksi PT. Sermani Steel Makassar

Kebijakan produksi PT. Sermani Steel Corporation Makassar adalah melakukan produksi berdasarkan kapasitas maksimum mesin setiap bulannya tanpa melakukan perencanaan produksi untuk mendapatkan kombinasi produk optimal yang sebenarnya dapat meminimalkan biaya produksi namun tetap memenuhi permintaan pasar.

Tabel 15. Tabel Solusi Biaya Minimal Produksi pada Bulan Juli 2009

Variable	Value	Obj Coeff	Obj Val Contrib
X1	3.999,30	4.900,67	19.599.250
X2	349.911,80	4.900,76	1.714.833.753
X3	19.997,50	4.899,74	97.982.551
X4	11.998,50	4.899,11	58.781.971
X5	3.999,30	4.900,17	19.597.250
X6	4.999,45	4.900,64	24.500.505
X7	29.996,25	4.902,39	147.053.316
X8	1.999,95	4.902,54	9.804.835
X9	999,80	4.899,81	4.898.830
X10	999,80	4.899,65	4.898.670
X11	999,80	4.900,17	4.899.190
			<b>2.106.850.120</b>

Tabel 16. Tabel Perbandingan Kombinasi Produk yang Ditawarkan oleh Peneliti dengan Kombinasi Produk Kebijakan Perusahaan untuk Bulan Juli 2009

Var	Kombinasi produk (metode Linear Programming)	Bhn baku	Kombinasi produk (kg) (kebijakan perusahaan)	Berat produk	Biaya per kg	Biaya perencanaan (metode LP)	Biaya perusahaan
X1	3.999,30		3.999,30	2,04	4.900,67	19.599.250	19.599.250
X2	349.911,80		349.911,80	2,44	4.900,76	1.714.833.753	1.714.833.753
X3	19.997,50		19.997,50	2,85	4.899,74	97.982.551	97.982.551
X4	11.998,50	2.565.000,00	506.853,53	3,26	4.899,11	58.781.971	2.483.131.203
X5	3.999,30		3.999,30	3,66	4.900,17	19.597.250	19.597.250
X6	4.999,45		4.999,45	4,08	4.900,64	24.500.505	24.500.505
X7	29.996,25		29.996,25	2,93	4.902,39	147.053.316	147.053.316
X8	1.999,95	27.000,00	1.999,95	3,59	4.902,54	9.804.835	9.804.835
X9	999,80	13.500,00	999,80	4,29	4.899,81	4.898.830	4.898.830
X10	999,80	13.500,00	999,80	4,95	4.899,65	4.898.670	4.898.670
X11	999,80	13.500,00	999,80	6,97	4.900,17	4.899.190	4.899.190
						2.106.850.120	4.531.199.352

Dari hasil perhitungan dapat dilihat besarnya biaya produksi apabila perusahaan tetap memproduksi berdasarkan kapasitas maksimum mesin sesuai dengan kebijakan perusahaan saat ini yaitu sebesar Rp4.531.199.352,00 sedangkan kebutuhan pasar dapat dipenuhi dengan biaya Rp2.106.850.120,00 yang didapatkan melalui perencanaan produksi, sehingga terjadi selisih biaya produksi yang timbul antara perencanaan *linear programming* dengan kebijakan perusahaan sebesar Rp2.424.349.232,00 dimana ini akan menjadi modal yang tidak berputar dan menimbulkan biaya penyimpanan serta *maintenance* produk jadi yang relatif besar.

## **Saran**

Diharapkan agar pihak manajemen PT. Sermani Steel Makassar, dalam kegiatan produksinya melakukan perencanaan produksi terlebih dahulu agar didapatkan biaya yang minimum. Apabila manajemen ingin menambah produksi produk maka sebaiknya menambah produksi sesuai batas atas (*Upper Bound*) yang disarankan agar tetap berada dalam kondisi optimal.

## **Simpulan**

Jumlah kombinasi produk optimal menggunakan metode *Linear Programming* terbukti dapat memberikan biaya produksi yang minimal jika dibandingkan dengan kebijakan perusahaan yang berlaku saat ini. Penggunaan sumber daya optimal yang didapatkan adalah didahului dengan proses mengetahui kebutuhan pasar, setelah itu dilakukan perencanaan produksi dengan melakukan pengolahan data setiap sumber daya, dalam hal ini adalah bahan baku, tenaga kerja dan kapasitas produksi pabrik yang merupakan batasan-batasan dalam perencanaan produksi untuk mendapatkan kombinasi optimal produk yang dapat mengoptimalkan biaya.

## **Penulis**

Dr. Idayanti Nursyamsi, MSi adalah dosen Jurusan Manajemen, Fakultas Ekonomi, Universitas Hasanuddin Makassar. Muhammad Ashdaq, ST. MSi adalah alumni Program Studi Manajemen dan Keuangan, Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin Makassar.

## **Referensi**

- Baroto, T. (2002). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Heizer, J. & Render, B. (2005). *Operation Management, Buku 2*. Jakarta: Salemba Empat.
- Subagyo, P. (1986). *Forecasting Konsep dan Aplikasi*. Yogyakarta: BPFEE.
- Sudiartono, M. L. S. (2008). *Perencanaan Produksi Agregat Menggunakan Metode Linear Programming*. Tesis, tidak dipublikasikan. Magister Manajemen Teknologi, Institut Teknologi Surabaya.
- Taha, H. A. (1996a). *Riset Operasi, Jilid 1*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Taha, H. A. (1996b). *Riset Operasi, Jilid 2*. Jakarta: Binarupa Aksara.