

# **ANALISIS CAPACITY CONSTRAINED RESOURCES GUNA MENGOPTIMALKAN ALIRAN PRODUKSI DENGAN PENDEKATAN *THEORY OF CONSTRAINTS***

**Imam Sodikin, Andrie Widyo Atmoko**

Jurusan Teknik Industri, FTI, IST AKPRIND Yogyakarta

e-mail: dikiam12@yahoo.com

## **ABSTRACT**

*Planning and resource management is one of the things that can realize the company's goals. Constraints in the form of constraints can be used to achieve the objective to increase the company's profits, because of the limitations it will determine the flow of production. The purpose of this study was to analyze the sources of constraint and optimize it in order to increase corporate profits. This study used the Theory of Constraints approach to optimizing production flow and the formation of a model using goal programming constraints. The results obtained are lathe work station is an obstacle / barrier, because it has the biggest obstacle ratio is 98.99%. Through the development of a model of goal programming, the remaining time can be allocated to add a product that has value pulley greatest advantage. Production is optimized with the addition of 4 units of Pulley C4 12 " and maximize printing area of 88 m<sup>2</sup>, the use of raw materials 432.23 kg limestone, coke 3824 kg, 4155 kg of cast steel, and the combined product pulley A2 8 " 75 units, A3 10" 160 unit, B4 10" 123 units, and C4 12" 123 units with a profit of USD 53.1 million, -.*

*Keywords: Theory of Constraints, Goal Programming, Capacity Constrained Resources*

## **INTISARI**

Perencanaan dan pengelolaan sumber daya merupakan salah satu hal yang dapat mewujudkan tujuan perusahaan. Kendala-kendala berupa keterbatasan dapat digunakan untuk mencapai tujuan guna meningkatkan keuntungan perusahaan, karena keterbatasan itu yang akan menentukan aliran produksinya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sumber-sumber pembatas dan mengoptimalkannya guna meningkatkan keuntungan perusahaan. Penelitian ini menggunakan pendekatan *Theory of Constraints* dengan mengoptimalkan aliran produksi dan pembentukan model batasan menggunakan *goal programming*. Hasil yang diperoleh yaitu stasiun kerja mesin bubut merupakan kendala/pembatas, karena mempunyai nilai rasio kendala yang terbesar yaitu 98.99%. Melalui pengembangan dengan model *goal programming*, maka waktu yang tersisa dapat dialokasikan untuk menambah produk pulley yang memiliki nilai keuntungan yang terbesar. Produksi dioptimalkan dengan penambahan sebesar 4 unit pulley C4 12" dan memaksimalkan pencetakan dengan luas area 88 m<sup>2</sup>, penggunaan bahan baku gamping 432.23 kg, Kokas 3824 kg, baja cor 4155 kg, serta mengkombinasikan produk pulley A2 8 " 75 unit, A3 10 " 160 unit, B4 10" 123 unit, dan C4 12" 123 unit dengan keuntungan Rp. 53.100.000,-.

Kata kunci: *Theory of Constraints, Goal Programming, Capacity Constrained Resources*

## **PENDAHULUAN**

Perencanaan dan pengendalian produksi dalam kegiatan proses produksi manufaktur merupakan salah satu bagian dari sistem produksi. Kemajuan teknologi terus berkembang seiring dengan adanya kendala-kendala dalam pemasaran maupun proses produksi. Kendala-kendala tersebut antara lain: terbatasnya sumber daya, tenaga kerja, dan peralatan yang digunakan. Perusahaan harus mempunyai rencana dalam mengendalikan sumber daya yang mendukung agar proses produksi berlangsung secara tepat dan efisien. Permasalahan di perusahaan yang berkaitan dengan perencanaan dan pengendalian

produksi meliputi perencanaan persediaan barang, kontrol terhadap tenaga kerja dan bahan baku yang digunakan serta batas waktu penyerahan barang jadi ke gudang dengan biaya minimum. Melalui koordinasi yang baik dari elemen-elemen tersebut, maka dapat dihasilkan pengurangan waktu pemborosan, biaya-biaya yang tidak terduga, serta dapat mengoptimalkan produksi dan meningkatkan profit (Nasution, 2003).

Penggunaan teknologi di perusahaan seyogyanya disesuaikan dengan proses produksi yang berlangsung. Perusahaan yang menggunakan aliran material *job shop*

semestinya melakukan evaluasi setiap saat dengan tujuan untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi pada pekerjaan yang dilakukan (Hermawan, 2004).

Pengecoran logam dan permesinan Bonjor Jaya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengecoran logam yang memproduksi berdasarkan pesanan (*make to order*). Perusahaan dengan tipe seperti ini, pengelolaan sumber daya material yang bahan dasarnya berupa kokas, gamping, dan baja cor membutuhkan penanganan yang memadai. Pengoptimalan aliran bahan baku yang dipakai merupakan salah satu upaya yang harus dilakukan. Material yang bergerak pada saat berlangsungnya proses produksi diupayakan agar digunakan dan diolah sesuai dengan kapasitas dari sumber-sumber kendala, guna mengoptimalkan keuntungan perusahaan. Pengelolaan sumber daya yang baik diharapkan akan dapat mengidentifikasi dan mengendalikan penggunaan sumber daya tersebut, sehingga dapat meningkatkan performansi dari kendala yang ada. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana *capacity constrained resource* dapat dianalisis guna meningkatkan performansi produksi, dan bagaimana aliran produksi dioptimalkan sehingga dapat meningkatkan keuntungan perusahaan. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah menentukan kapasitas sumber daya yang digunakan dan kapasitas yang tersisa sehingga dapat meningkatkan performansi produksinya, serta menentukan kombinasi produk yang tepat guna meningkatkan keuntungan.

## Landasan Teori

### *Theory of Constraints*

Filosofy *theory of constraints* pada dasarnya menekankan identifikasi dan manajemen *constraint* (kendala) yang dimiliki perusahaan. Dasar pemikiran *theory of constraints* adalah perusahaan memiliki *constraint* dan harus dikelola sesuai dengan *constraint* tersebut. Suatu *constraints* dapat diidentifikasi sebagai segala sesuatu yang menghalangi kinerja sistem dalam upaya mencapai *performance* yang lebih tinggi relatif terhadap tujuannya. Adapun jenis *constraint* terdiri dari (Gasperz, 2002):

1. *Internal constraints* berada di dalam sistem, seperti kapasitas mesin, lingkungan kerja, dan lain-lain.
2. *Eksternal constraint*, berada di luar sistem, seperti peluang pasar, pemasok, dan lain-lain.

3. *Constraints fisik* dapat dilihat secara jelas, seperti, kapasitas mesin, *layout*, dan lain-lain.

4. *Constraints non-fisik* tidak bisa dilihat secara jelas seperti, peraturan pemerintah, kebijakan perusahaan, permintaan pasar, dll

Suatu kendala sistem membatasi performansi dari sistem tersebut, sehingga semua upaya seyogyanya ditujukan untuk memaksimalkan performansi dari kendala ini. Pada sistem produksi membutuhkan beberapa titik kendali (*control point*) atau titik-titik kunci (*key point*) untuk mengendalikan aliran dari produk yang melewati sistem itu. Jika sistem produksi itu mengandung kendala (*constraints*), maka pada kendala itu merupakan tempat terbaik untuk dikendalikan. Jika kendala maupun *Capacity Constrained resources* (CCR) tidak ada dalam sistem, maka titik kendali dapat dikendalikan di mana saja dalam sistem itu (Sumarno, 2004).

Terdapat dua hal yang harus dilakukan terhadap kendala, yaitu (Gasperz, 2002):

1. Menjaga atau menyiapkan suatu "*buffer inventory*" di depan kendala tersebut.
2. Mengkomunikasikan kepada operasi awal untuk membatasi produk sesuai dengan jumlah kemampuan dari kendala itu. Proses komunikasi ini disebut sebagai "*rope*".

Berdasarkan penggunaan konsep *theory of constraints* yang dikenal dengan metode "*drum buffer rope*", yang merupakan teknik umum digunakan untuk mengelola sumber-sumber daya guna memaksimalkan performansi sistem. *Drum* adalah tingkat produksi yang ditetapkan oleh kendala sistem. *Drum* merupakan stasiun dengan kapasitas yang rendah dalam sistem produksi, stasiun ini akan menentukan laju produksi (*throughput*) sistem. *Buffer* berfungsi agar laju produksi tidak terganggu oleh gangguan yang terjadi dalam sistem produksi. *Buffer* dapat juga sebagai perlindungan, pengaman untuk mengendalikan fluktuasi yang terjadi pada stasiun non *constraints* sehingga jadwal *constraints* tidak terganggu dan berfungsi sebagai penyanggga untuk menyelesaikan kinerja sistem *constraints*. Penempatan *buffer* berada di depan stasiun *constraints* (*constraints buffers*). *Rope* berfungsi sebagai penghubung material yang akan dilepas ke stasiun *constraints*.

Kemampuan sumber daya *constraints* menghasilkan *output* akan membatasi

jumlah produksi perusahaan (*throughput*) sehingga untuk memaksimalkan *Return of Investment* (ROI) perusahaan harus mengoptimalkan penggunaan sumber daya *constraints* dan mengkoordinasikan aktivitas lainnya sesuai dengan keperluan *constraints* tersebut. *Theory of Constraints* memandang bahwa keberhasilan dari keseluruhan usaha lebih penting dibandingkan dengan minimasi biaya-biaya. *Theory Of Constraints* menganut prinsip sub optimasi yaitu optimasi pada tingkatan lokal yang berdasarkan *criteria local*, dapat bertentangan dengan optimasi keseluruhan organisasi.

### Lima langkah *Theory of Constraints*

*Theory of Constraints* pada umumnya menggunakan lima langkah sebagai berikut (Destmer, 1997):

1. Mengidentifikasi kendala atau keterbatasan sistem. Hal ini analogi dengan mengidentifikasi titik terlemah dalam rantai operasi, di mana titik itu membatasi kemampuan sistem.
2. Memutuskan bagaimana cara mengungkapkan kendala sistem itu, melalui memaksimalkan performansi sistem berdasarkan kendala yang telah diidentifikasi dalam langkah 1.
3. Menangguhkan hal-hal lain yang bukan kendala dari pertimbangan pembuatan keputusan. Alasannya segala sesuatu yang hilang pada kendala sistem akan menghilangkan keuntungan, sedangkan kehilangan pada sumber daya yang bukan kendala tidak memberikan pengaruh karena sumber-sumber daya itu masih cukup tersedia.
4. Memprioritaskan solusi masalah pada kendala sistem, dalam hal apabila performansi sistem tidak memuaskan.
5. Kembali ke langkah 1 untuk peningkatan terus-menerus jika langkah-langkah sebelumnya memunculkan kendala-kendala baru dalam sistem itu.

### Kriteria pengukuran *financial*

1. Keuntungan bersih (*net profit*) merupakan selisih hasil produk terjual (*throughput*) dengan biaya operasional (Tersine, 1994).  

$$Netprofit = T - OE \dots\dots\dots (1)$$
2. Menentukan stasiun kerja yang memungkinkan menjadi kendala dengan rumus:  

$$K = \frac{\sum Ti}{Si} \dots\dots\dots (2)$$
3. Menentukan nilai keuntungan tiap stasiun kerja dari masing-masing produk sehingga

diketahui mana produk yang diprioritaskan untuk diproduksi.

$$Pi = \frac{Ci}{Ti} \dots\dots\dots (3)$$

### Goal Programming

Pada manajemen perusahaan, manager dihadapkan pada suatu permasalahan yang secara simultan, dan memiliki beberapa tujuan (*goal*). Bisa jadi manager ingin laba kontribusi total dimaksimumkan, sisa bahan baku diminimumkan, kapasitas mesin secara maksimum, biaya lembur diminimumkan dan lain-lain. *Goal programming* merupakan kasus khusus dari *linear programming*, maka asumsi yang berlaku di *linear programming* juga berlaku di *goal programming*. Dalam *linear programming* kendala-kendala fungsional menjadi pembatas bagi usaha untuk memaksimumkan atau meminimumkan fungsi tujuan, sedangkan dalam *goal programming* kendalanya merupakan sarana untuk mewujudkan sasaran yang hendak dicapai (Dimiyati, 1999).

Konsep dari *goal programming* terdapat pada pengendalian *variabel slack* atau *surplus* dan kemudian ditambahkan ke dalam persamaan sebuah kendala. Pengendalian terhadap variabel itu tentu akan memungkinkan upaya untuk mengendalikan kendala tersebut. Jadi mengatur nilai ruas kiri sebuah kendala sama dengan nilai ruas kanannya dengan cara mengendalikan variabel tersebut (Siswanto, 1990).

### 1. Pemanipulasian Model

Di dalam model pemograman *linier* dikenal variabel *slack* yang akan muncul pada fungsi kendala dengan tanda pertidaksamaan " $\leq$ " dan variabel *surplus* yang akan muncul pada fungsi Kendala dengan tanda pertidaksamaan " $\geq$ " atau persamaan " $=$ ". Bila nilai *slack* atau *surplus* sama dengan nol maka dapat disimpulkan bahwa kendalanya pasti kendala aktif, artinya ruas kiri persamaan kendala sama dengan ruas kanannya, sedangkan nilai *slack* atau *surplus* positif menunjukkan bahwa ruas kiri Kendala yang bersangkutan tidak sama dengan ruas kanannya. Perilaku variabel semacam ini menjadi langkah awal bagi konsep dasar model *Goal Programming*.

Pada *goal programming* terdapat dua variabel deviasional yaitu (Bustani, 2005):

a. Variabel deviasional bawah (DB)  
 Variabel deviasional yang digunakan untuk menampung penyimpangan yang berada di bawah sasaran yang dikehendaki dan tercemin pada nilai ruas kanan kendala sasaran. Variabel ini menampung penyimpangan negatif, ditunjukkan dengan berkoefisien +1 pada setiap kendala sasaran. Untuk menandai jenis variabel ini digunakan notasi DB. Sehingga bentuk umum fungsi kendala adalah:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}X_j + DB_i = b_i \dots\dots\dots (4)$$

b. Variabel deviasional atas (DA)  
 Variabel yang digunakan untuk menampung penyimpangan yang berada di atas sasaran yang dikehendaki. Variabel deviasional DA<sub>i</sub> berfungsi menampung deviasi positif, maka selalu berkoefisien setiap kendala sasaran. Untuk menandai jenis variabel ini digunakan notasi DA sehingga bentuk umum fungsi kendalanya adalah:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} + DA_i = b_i \dots\dots\dots (5)$$

Dengan demikian kedua persamaan di atas dapat digabung menjadi persamaan:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}X_j - DA_i + DB_i = b_i \dots\dots\dots (6)$$

Nilai minimum DA<sub>i</sub> dan DB<sub>i</sub> adalah nol maka memiliki 3 kemungkinan:

- 1) DA<sub>i</sub> = DB<sub>i</sub> = 0 sehingga  $\sum_{j=1}^n a_{ij}X_j = b$   
 artinya sasaran tercapai.
- 2) DB<sub>i</sub> > DA<sub>i</sub> = 0 sehingga  $\sum_{j=1}^n a_{ij}X_j = b - DB$  sasaran tidak tercapai karena koefisien fungsi kendala dan variabel keputusan kurang atau jauh dari sasaran.
- 3) DB<sub>i</sub> = 0 dan DA<sub>i</sub> > 0 sehingga  $\sum_{j=1}^n a_{ij}X_j = b_i + DA$  artinya sasaran akan melebihi koefisien fungsi kendala dan variabel keputusan. Apabila DB<sub>i</sub> > 0 dan DA<sub>i</sub> > 0 maka sasaran tidak mungkin tercapai.

2. Kendala Sasaran

Ada empat macam kendala sasaran dalam model *goal programming* yaitu:

a. Sasaran dengan nilai tertentu.  
 Sasaran yang dikehendaki dituangkan ke dalam parameter *bi* (ruas kanan) kendala agar sasaran tersebut tercapai maka penyimpangan di bawah dan di

atas nilai *bi* harus diminimumkan. Jadi persamaan menjadi:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}X_j - DB_i - DA_i = b_i \dots\dots\dots (7)$$

b. Sasaran di bawah nilai tertentu.  
 Sasaran yang hendak dicapai dituangkan ke dalam *bi* dan tidak boleh melebihi. Oleh sebab itu *bi* harus diminimumkan agar penyelesaiannya tidak melebihi nilai *bi* atau paling banyak sebesar *bi* jadi fungsi persamaan sebagai berikut:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij}X_j - DA_i = b_i \dots\dots\dots (8)$$

c. Sasaran di atas nilai tertentu.  
 Sasaran yang hendak dicapai dengan meminimumkan *bi* jadi persamaan dalam hal ini adalah:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} - DB_i = b_i \dots\dots\dots (9)$$

d. Sasaran di antara interval tertentu.  
 Bila interval tersebut dibatasi oleh *ai* dan *bi* maka hasil penyelesaiannya diharapkan akan berada di antara interval tersebut. Maka persamaan menjadi:

$$a_i - DB_i \leq \sum_{j=1}^n a_{ij}X_j \leq b_i + DA_i \dots\dots\dots (10)$$

3. Fungsi Tujuan

Pada persamaan *goal programming* tujuan tercapai jika variabel DA<sub>i</sub> dan DB<sub>i</sub> bernilai nol, sehingga variabel tersebut harus diminimumkan di dalam fungsi tujuan model *goal programming*. Persamaan tujuan *goal programming* yaitu:

$$\text{Minimumkan } Z = \sum_{i=1}^m DB_i + DA_i \dots\dots\dots (11)$$

Fungsi tujuan di atas digunakan jika variabel penyimpangan dalam suatu masalah tidak dibedakan menurut prioritas.

4. Analisis Sensitivitas

*Analisis* sensitivitas adalah analisis yang dilakukan untuk mengetahui akibat atau pengaruh dari perubahan parameter-parameter *linier programming* solusi optimal yang dipakai (Siswanto,1990).

**Pengumpulan Data**

Data-data yang dikumpulkan meliputi: data permintaan produk, urutan dan waktu proses produksi, kebutuhan dan biaya bahan baku, harga jual produk, keuntungan tiap produk, biaya tenaga kerja, luas area yang digunakan dalam pembuatan cetakan, jumlah mesin, dan kapasitas stasiun kerja.

Tabel 1. Data permintaan produk (unit)

Periode	Data permintaan			
	Pulley A2 8"	Pulley A3 10"	Pulley B4 10"	Pulley C4 12"
Agustus 2003	120	150	120	100
September	125	170	115	120
Oktober	100	180	130	110
November	80	156	125	105
Desember	95	160	120	95
Januari 2004	85	145	138	124
Februari	130	155	128	112
Maret	75	160	140	118
April	80	154	132	108
Mei	75	147	128	130
Juni	70	135	130	124
Juli	65	140	128	112
Agustus	55	158	130	113
September	65	160	126	124
Oktober	70	157	130	120
November	65	165	126	118
Desember	70	170	134	125
Januari 2005	75	155	126	110
Februari	80	143	128	120
Maret	70	156	136	114
April	60	152	128	125
Mei	65	157	120	126
Juni	70	149	115	120
Juli	75	160	123	110

Urutan proses produksi dalam pembuatan pulley meliputi: stasiun kerja I (pencetakan), stasiun kerja II (pembongkaran dan pembersihan), stasiun kerja III (mesin bubut), stasiun kerja IV (pendempulan), stasiun kerja V (mesin gerinda), stasiun kerja VI (pengecatan), dan stasiun kerja VII (pengepakan). Pengukuran waktu operasi menggunakan *stopwatch* pada gerak kerja operator di setiap stasiun kerja (Wignjosoebroto, 1995).

Tabel 2. Rata-rata Waktu Proses (menit)

Stasiun Kerja	Rata-rata Waktu Proses (menit)			
	Pulley A2 8"	Pulley A3 10"	Pulley B4 10"	Pulley C4 12"
I	6.39	13.39	15.28	16.66
II	5.26	6.47	7.38	8.67
III	12.41	22.28	23.35	25.44
IV	1.61	2.13	2.41	3.2
V	1.75	2.34	2.80	3.19
VI	2.44	2.76	2.90	3.26
VII	3.16	5.26	5.30	6.11

Kebutuhan bahan baku dan kandungan logam dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4 berikut ini.

Tabel 3. Total biaya bahan baku (rupiah)

Bahan Baku	Banyak bahan baku (kg)	Harga/kg	Total biaya bahan baku
Gamping	1500	1.000	1.500.000
Baja cor	7500	2.550	19.125.000
Kokas	6000	3.800	22.800.000
Jumlah			43.425.000

Berat total dari peleburan bahan baku gamping, baja cor, kokas menghasilkan berat produk sebanyak 15.000 kg. Sehingga banyaknya kandungan bahan baku dari setiap produk yang dihasilkan berbeda dan disesuaikan dengan berat produk yang dihasilkan.

Tabel 4. Kandungan Logam

Produk	Berat Produk	Gamping	Baja Cor	Kokas
Pulley A2 8"	5 kg	0.5 Kg	2.5 kg	2 kg
Pulley A3 10"	15 Kg	1.5 Kg	7.5 kg	6 kg
Pulley B4 10"	20 Kg	1.98kg	10 kg	8.02 kg
Pulley C4 12"	25 kg	2.5 kg	12.5 kg	10 kg

Tabel 5. Daftar harga jual pulley

Produk	Berat	Variabel	Harga/kg	Harga jual (Rp/unit)
Pulley A2 8"	5 kg	X <sub>1</sub>	Rp 10.000	50.000
Pulley A4 10"	15 Kg	X <sub>2</sub>	Rp 12.500	187.500
Pulley B4 10"	20 Kg	X <sub>3</sub>	Rp 12.500	250.000
Pulley C4 10"	25 kg	X <sub>4</sub>	Rp 15.000	375.000

Tabel 6. Upah tenaga kerja pencetakan

Produk	Berat	Upah/kg	Variabel	Upah/unit
Pulley A2 8"	5 kg	Rp 75	X <sub>1</sub>	Rp 375
Pulley A4 10"	15 Kg	Rp 100	X <sub>2</sub>	Rp 1.500
Pulley B4 10"	20 Kg	Rp 100	X <sub>3</sub>	Rp 2.000
Pulley C4 10"	25kg	Rp 100	X <sub>4</sub>	Rp 2.500

Tabel 7. Batasan area pencetakan

Produk	Ukuran	Banyak produk /m <sup>2</sup>	Waktu (menit)	Jumlah (menit/m <sup>2</sup> )
Pulley A2 8"	30x30cm	9	6.39 /unit	57.51
Pulley A4 10"	40x40cm	6	13.39/unit	80.34
Pulley B4 10"	40x40cm	6	15.28/unit	91.68
Pulley C4 10"	50x50cm	4	16.66/unit	66.64

Tabel 8. Jumlah Kapasitas Stasiun Kerja

Stasiun kerja	Jumlah mesin/pekerja	Kapasitas /bulan ( menit )
Pencetakan	10	105000
Pembongkaran	10	105000
Permesinan mesin bubut	1	10500
Pendempulan	1	10500
Penggerindaan	1	10500
Pengecatan	1	10500
Pengepakan	1	10500

### Pengolahan Data

Pententukan jumlah permintaan produk dengan kombinasi produk yang optimal selama periode yang akan datang diperoleh dari hasil peramalan satu bulan permintaan berdasarkan data pesanan dua tahun. Oleh karena itu

kapasitas permintaan merupakan faktor pembatas dalam menentukan kombinasi produk yang optimal yang sesuai dengan kapasitas dan biaya-biaya operasional yang akan digunakan.

Tabel 9. Hasil Peramalan

Nama produk	Kriteria	Hasil	MAD
Pulley A2 8"	<i>Double exponential smoothing with linear trend</i>	75	11.51
Pulley A3 10"	<i>Single exponential smoothing</i>	160	9.18
Pulley B4 10"	<i>Double exponential smoothing</i>	123	4.92
Pulley C4 12"	<i>Double exponential smoothing</i>	119	7.55

Tabel 10. Nilai Rasio Kendala

Stasiun kerja	Produk	Kapasitas waktu yang dibutuhkan ( menit )	Total waktu yang dibutuhkan ( menit)	Kapasitas waktu yang tersedia ( menit )	Rasio kendala ( K )
Pencetakan	Pulley A2 8" Pulley A3 10" Pulley B4 10" Pulley C4 12"	479.25 2142.4 1879.44 1982.54	6483.63	105000	6.17%
Pembongkaran dan pembersihan	Pulley A2 8" Pulley A3 10" Pulley B4 10" Pulley C4 12"	394.5 1035.2 907.74 1031.73	3369.17	105000	3.20%
Permesinan (mesin bubut)	Pulley A2 8" Pulley A3 10" Pulley B4 10" Pulley C4 10"	930.75 3564.8 2872.05 3027.36	10394.96	10500	98.99%
Pendempulan	Pulley A2 8" Pulley A3 10" Pulley B4 10" Pulley C4 12"	120.75 340.8 296.43 380.8	1138.78	10500	10.84%
Penghalusan dengan Mesin gerinda	Pulley A2 8" Pulley A3 10" Pulley B4 10" Pulley C4 12"	131.25 374.4 344.4 379.61	1229.66	10500	11.71%
Pengecatan	Pulley A2 8" Pulley A3 10" Pulley B4 10" Pulley C4 12"	183 441.6 356.7 387.94	1369.24	10500	13.04%
Pengepakan	Pulley A2 8" Pulley A3 10" Pulley B4 10" Pulley C4 12"	237 841.6 651.9 727.09	2457.59	10500	23.40%

Pada tabel 10 di atas dapat dilihat bahwa stasiun kerja 3 merupakan stasiun kerja yang menjadi kendala karena mempunyai nilai rasio kendala yang terbesar yaitu 98.99%.

Perhitungan nilai keuntungan dari tiap produk:

Produk pulley A2 8"

$$= \frac{\text{Rp } 15000}{\text{unit}} \\ = \frac{12.41 \text{ menit}}{\text{unit}} \\ = \text{Rp } 1.208 / \text{menit}$$

Produk pulley A3 10 "

$$= \frac{\text{Rp } 75000}{\text{unit}} \\ = \frac{22.28 \text{ menit}}{\text{unit}} \\ = \text{Rp } 3.366 / \text{menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Produk pulley B4 10"} & \\ &= \frac{\text{Rp } 100000}{23.35 \text{ menit}} / \text{unit} \\ &= \text{Rp } 4.283 / \text{menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produk pulley C4 12"} & \\ &= \frac{\text{Rp } 225000}{25.44 \text{ menit}} / \text{unit} \\ &= \text{Rp } 8.843 / \text{menit} \end{aligned}$$

Jadi kapasitas yang tersisa dari stasiun kerja mesin bubut digunakan untuk mengerjakan pulley C4 12" agar keuntungannya bertambah. Setelah diidentifikasi kendala tersebut terdapat pada stasiun kerja mesin bubut, maka stasiun yang bukan kendala dapat ditangguhkan serta memprioritaskan masalah pada stasiun kendala tersebut. Untuk mengetahui banyaknya pulley C4 12" dilakukan melalui perhitungan waktu sisa. Berdasarkan perhitungan di atas, terlihat adanya kelebihan waktu produksi, khususnya pada stasiun kerja mesin bubut yang menjadi kendala dari sistem tersebut. Dengan asumsi bahwa tidak ada lagi kombinasi permintaan atas produk yang dibuat, maka apabila dilakukan penambahan produksi untuk tiap-tiap produk agar dapat memberikan keuntungan yang optimal berdasarkan waktu yang tersisa sebagai berikut:

1. Menambah jumlah produksi pada produk pulley A2 8", sehingga akan diperoleh peningkatan keuntungan, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{Banyak produk} &= \\ &= \frac{\text{Kapasitas waktu tersisa}}{\text{Waktu yang dibutuhkan produk}} \\ &= \frac{105.04 \text{ menit}}{12.41 \text{ menit}} = 9 \text{ unit.} \end{aligned}$$

Hasil kombinasi baru produk adalah:

$$\text{Banyak produk} = 75 + 9 = 84 \text{ unit.}$$

Sehingga keuntungan yang dihasilkan menjadi :

$$\begin{aligned} &= [84 \times \text{Rp}15.000] + (160 \times \\ &\text{Rp}75.000) + \\ &+ (123 \times \text{Rp}100.000) + (119 \times \text{Rp} \\ &225.000)] \\ &= \text{Rp } 52.335.000,-. \end{aligned}$$

2. Menambah jumlah produksi pada produk pulley A3 10", maka akan didapat banyaknya produk:

$$= \frac{105.04 \text{ menit}}{22.28 \text{ menit}} = 5 \text{ unit.}$$

Hasil kombinasi baru produk adalah:

$$= 160 \text{ unit} + 5 \text{ unit} = 165 \text{ unit.}$$

Sehingga keuntungan yang dihasilkan menjadi:

$$\begin{aligned} &= [75 \times \text{Rp } 15000) + (165 \times \text{Rp } 75.000) + \\ &+ (123 \times \text{Rp}100.000) + (119 \times \text{Rp } 225.000)] \\ &= \text{Rp } 52.575.000,-. \end{aligned}$$

3. Menambah jumlah produksi pada produk pulley B4 10", maka akan didapat banyaknya produk:

$$= \frac{105.04 \text{ menit}}{23.35 \text{ menit}} = 5 \text{ unit.}$$

Hasil kombinasi baru produk adalah:

$$= 123 \text{ unit} + 5 \text{ unit} = 128 \text{ unit.}$$

Sehingga keuntungan yang dihasilkan menjadi :

$$\begin{aligned} &= [75 \times \text{Rp}15000) + (160 \times \text{Rp}75.000) + \\ &+ (128 \times \text{Rp}100.000) + (119 \times \text{Rp } 225.000)] \\ &= \text{Rp } 52.700.000,-. \end{aligned}$$

4. Menambah jumlah produksi pada produk pulley C4 12", maka akan didapat banyaknya produk:

$$= \frac{105.04 \text{ menit}}{25.44 \text{ menit}} = 4 \text{ unit}$$

Hasil kombinasi baru produk adalah:

$$= 119 \text{ unit} + 4 \text{ unit} = 123 \text{ unit.}$$

Sehingga keuntungan yang dihasilkan menjadi:

$$\begin{aligned} &= [75 \times \text{Rp } 15000) + (160 \times \text{Rp } 75000) + \\ &+ (123 \times \text{Rp}100.000) + (123 \times \text{Rp } 225.000)] \\ &= \text{Rp } 53.100.000,-. \end{aligned}$$

## PEMBAHASAN

1. Model memaksimalkan pencetakan Langkah-langkah dalam pemanipulasian model:

a. Menetapkan fungsi tujuan dengan memaksimalkan atau minimumkan nilai variabel putusan.

b. Tetapkan kendala sasaran yang dikehendaki yang dapat dimaksimalkan atau diminimumkan.

Dalam permasalahan di atas data peramalan digunakan untuk memprediksi data permintaan produk dalam bulan yang akan datang. Maka dalam pembentukan model *goal programming* dengan data olahan dari perhitungan *Theory of Constraints* memaksimalkan keuntungan dengan permintaan produk sebagai berikut:

$$\text{Pulley A2 8"} = 75 \text{ unit}$$

$$\text{Pulley A3 10"} = 160 \text{ unit}$$

$$\text{Pulley B4 10"} = 123 \text{ unit}$$

$$\text{Pulley C4 10"} = 123 \text{ unit}$$

X1: Banyaknya pulley A2 8" yang dibuat di dalam luas area pencetakan.

X2: Banyaknya pulley A3 10" yang dibuat di dalam luas area pencetakan.

X3: Banyaknya pulley B4 10" yang dibuat di dalam luas area pencetakan.

X4: Banyaknya pulley C4 12" yang dibuat di dalam luas area pencetakan.

Fungsi tujuan adalah untuk mengetahui apakah dari stasiun pencetakan dapat memproduksi sesuai dengan permintaan dari stasiun kerja III (permesinan). Dari perhitungan pada tabel 7 batasan area pencetakan diketahui bahwa:

Tabel 11. Luas pencetakan yang digunakan

Produk	Kombinasi produk	Banyak produk/m <sup>2</sup>	Luas area (m <sup>2</sup> )
Pulley A2 8 "	75 unit	9 unit	8
Pulley A3 10 "	160 unit	6 unit	27
Pulley B4 10 "	123 unit	6 unit	21
Pulley C4 10 "	123 unit	4 unit	31
Total			87

2. Model dengan memaksimalkan proses pencetakan:

$$\text{Max: } 3375X_1 + 9000X_2 + 12.000X_3 + 10.000X_4$$

Fungsi kendala

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 400$$

$$57.5X_1 + 80.34X_2 + 91.68X_3 + 66.64X_4 \leq 105000$$

$$X_1 \leq 8$$

$$X_2 \leq 27$$

$$X_3 \leq 21$$

$$X_4 \leq 31$$

END. (menggunakan program Lindo)

Perhitungan secara manual

a. Kendala luas area pencetakan

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \leq 400$$

Kapasitas luas pencetakan yang digunakan adalah:

$$8 + 27 + 21 + 31 = 87$$

Jadi luas area pencetakan yang tersisa adalah  $400 - 87 = 313 \text{ m}^2$

b. Kendala waktu pencetakan

$$57.5X_1 + 80.34X_2 + 91.68X_3 + 66.64X_4 \leq 105000$$

Sehingga banyaknya waktu yang dibutuhkan untuk membuat keempat pulley

$$= 57.51(8) + 80.34(27) + 91.68(21) + 66.64(31)$$

$$= 6.620,38 \text{ menit/m}^2$$

Jadi total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pencetakan dengan luas area  $87 \text{ m}^2$  membutuhkan waktu  $6.620,38 \text{ menit} = 110,33 \text{ jam}$

c. Tujuan untuk mengetahui besarnya upah tenaga kerja :

$$\text{Max: } 3375X_1 + 9000X_2 + 12.000X_3 + 10.000X_4$$

Besar biaya yang dikeluarkan untuk menyelesaikan pencetakan  $87 \text{ m}^2$  adalah:

$$= 3375(8) + 9000(27) + 12000(21) + 10000(31)$$

$$= \text{Rp } 832.000$$

Stasiun kerja III merupakan kendala yang akan menentukan laju aliran produksi dengan kapasitas yang tersisa sebesar  $105.4 \text{ menit}$ . Melalui penggunaan aturan *Theory of Constraints* guna meningkatkan performansi produksinya didapatkan penambahan produk C4 12" sebanyak 4 unit. Setelah dianalisis dan dikoordinasikan dari stasiun yang menjadi kendala, maka dapat dioptimalkan aliran produksi dengan memaksimalkan stasiun kerja pencetakan yaitu dengan menggunakan area  $87 \text{ m}^2$  dari batasan  $400 \text{ m}^2$ , guna menyesuaikan dengan batasan pada stasiun kerja II, dengan kapasitas yang tersisa  $313 \text{ m}^2$ . Penggunaan sumber daya yang optimal dengan menggunakan bahan baku gamping sebanyak  $828.54 \text{ kg}$ , bahan baku kokas  $3824 \text{ kg}$  dan bahan baku baja cor  $4155 \text{ kg}$  sesuai dengan permintaan, sehingga penggunaan bahan baku dapat dilakukan secara efektif dan efisien. Total biaya bahan baku menjadi sebesar Rp.  $25.954.990,-$  yang semula sebesar Rp.  $43.425.000,-$ . Kombinasi produk guna peningkatan keuntungan sebesar Rp.  $53.100.000,-$  dengan memproduksi pulley A2 8" sebanyak 75 unit, pulley A3 10" sebanyak 160 unit, pulley B4 10" sebanyak 123 unit dan pulley C4 12" sebanyak 123 unit. Tidak ada nilai deviasi dalam pembentukan model, yang berarti dalam penggunaan sumber daya dalam aliran produksi optimal, dikarenakan sumber daya yang digunakan mempunyai *slack or surplus* sehingga sasaran perusahaan dalam memaksimalkan permintaan, meningkatkan keuntungan, dan memaksimalkan produksi pada stasiun kerja mesin bubut dapat tercapai.

## KESIMPULAN

1. Aliran produksi dapat dioptimalkan dengan cara memaksimalkan luas area stasiun kerja pencetakan sebesar  $87 \text{ m}^2$ .



2. Sumber daya yang tersedia dapat dioptimalkan dengan penggunaan bahan baku gamping sebanyak 828.54 kg, kokas 3824 kg, dan baja cor 4155 kg.
3. Performansi produksi dapat ditingkatkan dengan menambah produk C4 12" sebanyak 4 unit.
4. Jumlah kombinasi produk yang optimal yaitu produk pulley A2 8" 75 unit, A3 10" 160 unit, B4 10" 123 unit, dan C4 12" 123 unit dengan keuntungan Rp 53.100.000,-.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bustani, H., 2005, *Fundamental Operation Research*, PT. Gramedia Pustaka Umum, Jakarta.
- Destmer W, H., 1997, *Theory of Constraints A System Approach to continuous Improvement ASQC*, Quality Press, Milwaukee, Winconsin.
- Dimiyati, T., dan Akhmad, D., 1999, *Operation Research "Model-model pengambilan Keputusan*, Sinar Baru, Bandung.
- Gaspersz, V., 2002, *Production Planning and Inventory Control*, Edisi Revisi, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Hermawan, C., 2004, Pendekatan *Theory Of Constraints* Pada Sistem Manufaktur *Make to Order Repetitive* Untuk Menganalisa Proses Penjadwalan Job Shop, *Skripsi*, IST AKPRIND Yogyakarta.
- Nasution, A, H., 2003, Perencanaan dan Pengendalian Produksi, Guna Widya, Edisi Pertama, Cetakan Kedua, Surabaya.
- Sumarno, 2004, Penerapan Metode *Theory Of Constraints* dalam Penentuan Optimasi Kombinasi Produk Spare Part Guna Meningkatkan Profit, *Skripsi*, IST AKPRIND Yogyakarta.
- Siswanto, 1990, *Sistem Manajemen Lindo*, PT.Elex Media Komputindo kelompok Gramedia, Jakarta.
- Tersine J, R., 1994, *Principles Of Inventory And Material Management*, 4<sup>nd</sup> Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Wignjosoebroto, S., 1995, *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*, Edisi Pertama Cetakan Kedua, Guna Widya, Surabaya.