

Optimasi Sistem Pemotongan Material Aluminum Alloys dengan Pendekatan Linier Integer Programming (Studi Kasus di PT. Dirgantara Indonesia)

Dadang Arifin & Rida Nurida

Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknik - Universitas Jenderal Achmad Yani
dadangarifin@yahoo.co.id

Abstrak. Salah satu fungsi yang ada di PT. Dirgantara Indonesia yaitu bagian pemotongan material (*pre cutting*) mempunyai tugas memotong *raw material* standar menjadi potongan-potongan yang sesuai dengan kebutuhan yang akan diproses menjadi komponen pesawat CN-235.

Cara pemotongan yang dilakukan sekarang dinilai kurang efisien karena masih banyak sisa-sisa material yang terbuang, sehingga dianggap terjadi pemborosan yang cukup besar. Atas dasar tersebut penelitian ini bertujuan merancang sistem pemotongan yang dapat meminimasi sisa material yang terbuang (*scrap*) dengan menggunakan pendekatan *Operasional Research*.

Dari hasil penelitian dapat diperoleh penghematan berupa pengurangan sisa material yang tidak bisa dipergunakan lagi (*scrap*) awalnya rata-rata 3335 dm² menjadi 1790,4 dm², dengan jumlah raw material dapat dihemat 26 batang per 10 pesawat. Penghematan biaya secara keseluruhan dapat mencapai Rp. 3.283.184.162 per tahun.

Kata kunci : *Alternatif model pemotongan, model minimasi sisa pemotongan material*

1 Pendahuluan

Satuan Usaha *Aerostructure* merupakan salah satu unit bisnis di PT. Dirgantara Indonesia yang memproduksi produk berdasarkan pesanan (*make to order*). Jenis produk yang dibuat adalah komponen pesawat A380 dari BAE system sebanyak 787 *ship set* (SS), *Component AIRLINER* sebanyak 293 SS, *Component EADS CASA 61 SS* (CN 235 dll.) Dari sejumlah aktivitas yang dilakukan di satuan usaha ini di antaranya adalah proses pemotongan (*pre cutting*). Aktivitas yang dilakukan dalam proses pemotongan ini adalah memotong bahan mentah berupa paduan Aluminium untuk kebutuhan komponen pesawat dengan lot 10 pesawat CN 235.

Material yang dipotong memiliki ukuran standar yaitu 3660 x 1220 x 120 mm, yang akan dipotong menjadi beberapa bagian untuk membuat komoponen yang dibutuhkan dengan ukuran bervariasi. Aktivitas pemotongan yang dilakukan selama diduga kurang efisien artinya material sisa pemotongan masih cukup banyak dan menimbulkan pemborosan yang sangat besar dengan sisa pemotongan material selama ini rata-rata mencapai 10805,4 kg. Atas dasar tersebut dalam penelitian ini akan diusulkan alternative pola pemotongan yang harus dibuat dengan harapan sisa material yang terbuang dapat diminimasi, serta jumlah material yang digunakan secara keseluruhan terjadi penghematan.

2 Tinjauan Pustaka

Masalah pemrograman linier ini pertama kali diperkenalkan oleh George B. Danzig sekitar tahun 1947, USA. Kemudian pada tahun 1949 George B. Danzig memperkenalkan metode simplek sebagai metoda penyelesaian dari pemrograman linier pada saat pakar dan praktisi melakukan

Optimasi Sistem Pemotongan Material Alluminum Alloys dengan Pendekatan Linier Integer Programming

pengembangan baik secara teoritis maupun aplikatif. Pemrograman Linier merupakan salah satu dari sekian banyak metode optimasi yang ada. Seperti metode optimasi lainnya pemrograman linier biasanya berhubungan dengan masalah pengalokasian sumber daya yang terbatas, seperti buruh, bahan baku, jam mesin dan lain-lain, dengan cara sebaik mungkin sehingga diperoleh keputusan terbaik.

Format umum model pemrograman linier digambarkan seperti berikut, Maksimasi/minimasi:

$$Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_n$$

Dengan pembatas (s/t)

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n} \geq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n} \geq b_2$$

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \geq b_i$$

dimana $c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$ sebagai fungsi tujuan atau fungsi kriteria yang dinotasikan dengan Z. Koefisien c_1, c_2, \dots, c_n adalah koefisien ongkos yang diketahui dan x_1, x_2, \dots, x_n adalah variabel keputusan atau disebut juga sebagai (variabel struktural atau tingkat aktifitas) yang harus dicari, sedangkan $\sum x_j \geq b_i$, adalah fungsi pembatas. Koefisien a_{ij} untuk $i = 1, 2, \dots, m$ dan $j = 1, 2, \dots, n$, disebut sebagai koefisien teknologi. Pembatas $x_1, x_2, \dots, x_n \geq 0$ adalah pembatas non negatif, artinya setiap variabel harus positif atau nol.

Asumsi-Asumsi yang harus dipenuhi dalam Pemrograman Linear (Ms. Bazaraa) minimal adalah:

1. *Proportionality*, artinya kontribusi setiap variabel x_j terhadap fungsi tujuan maupun fungsi pembatas adalah sama, dan setiap perubahan nilai variabel proporsional terhadap koefisien kedua fungsi itu.
2. *Additivity*, ini berasumsi bahwa biaya total pada fungsi tujuan adalah merupakan hasil penjumlahan dari biaya individual. Ini berlaku juga pada fungsi pembatas.
3. *Divisibility*, asumsi ini menyatakan bahwa nilai variabel keputusan dapat dibagi menjadi beberapa bagian (bentuk pecahan).

Deterministic, Koefisien c_j, a_{ij} dan b_j semuanya diketahui secara pasti (*deterministic*), unsur-unsur yang bersifat probabilistik pada setiap koefisien diabaikan.

Sebagai kasus khusus dari program linier dimana variabel keputusan dibatasi sebagai bilangan bulat tidak negatif. Jika semua variabel diharuskan bilangan bulat disebut dengan program bilangan bulat murni. Tetapi jika sebagian variabel dibatasi sebagai bilangan bulat disebut program bilangan bulat campuran.

Permasalahan bilangan bulat secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Max } Z &= \sum_{j=1}^n C_j X_j \\ \text{s/t } \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j &(\geq = \leq) b_i \quad ; i = 1, 2, \dots, M \\ X_j &\geq 0 \text{ (integer)} \end{aligned}$$

dimana a_{ij}, b_{ij} , dan c_{ij} adalah konstanta.

3 Data dan Pembahasan

3.1 Data material

Data yang dimuat dalam tulisan ini hanya berupa data primer yang berhubungan langsung dengan pemecahan masalah. Data tersebut diantaranya adalah, data material mentah yang akan dipotong menjadi komponen-komponen pesawat. Yaitu Material Alluminum Alloys dengan ukuran panjang x lebar x tebal = 3660 x 1220 x 120 mm. Proses pemotongan ini diperuntukan untuk pesawat CN-235, sebanyak 10 unit. Dengan kebutuhan komponen secara total dapat dilihat dalam tabel 1 di bawah ini

Tabel 1 Komposisi kimia spesimen uji

Kode	Nama Komponen	Ukuran (mm)	Kebutuhan untuk 10 pesawat (unit)
A	Rib Lug	1780 x 760	120
B	Support	1860 x 770	90
C	Basis	1075 x 450	20
D	Main Landing Gear	1845 x 1215	120
E	Lower Fitting	595 x 320	380
F	Main Landing Gear Outer B.H	1800 x 450	460
G	Half Fitting	680 x 380	40

Material mentah Alluminum Alloys dalam hal ini tidak berfungsi sebagai pembatas, artinya jumlah material yang harus dibeli tidak dibatasi selama kebutuhan minimum komponen yang akan dibuat belum mencukupi

3.2 Pengembangan Alternatif model pemotongan

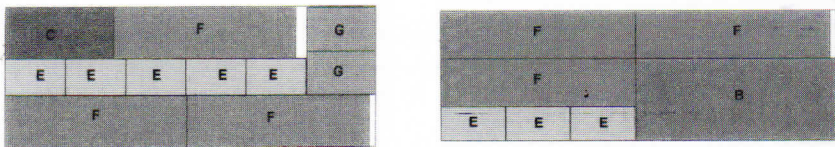
Pengembangan Alternatif model pemotongan yang berhasil dibuat dalam penelitian ini sebanyak 10 model pemotongan, sehingga kemudian akan dijadikan sebagai variabel keputusan X_j dimana ($j = 1, 2, \dots, 10$). Beberapa contoh model pemotongan dapat dilihat pada Gambar 1.

1. Alternatif model pemotongan ke-1 (X_1)

Dari sebuah material mentah berukuran 3660 x 1220 x 120 mm, direncanakan akan dipotong untuk,

- Komponen C (ukuran 1075 x 450) sebanyak 1 buah
- Komponen E (sebanyak 5 buah)
- Komponen F sebanyak 3 buah
- Komponen G sebanyak 2 buah

Dengan sisa pemotongan 8,3 dm²



Gambar 1 Alternatif model pemotongan

Alternatif 1(kiri), menghasilkan sisa pemotongan sebanyak 8,3 dm², sedangkan alternatif 2 (kanan) menghasilkan sisa pemotongan sebanyak 3,1 dm². Dengan cara yang sama, dari 10 model alternatif pemotongan yang dirancang secara rinci dapat dilihat dalam Tabel 2.

Optimasi Sistem Pemotongan Material Alluminum Alloys dengan Pendekatan Linier Integer Programming

Tabel 1 Alternatif Model Pemotongan

Model Pemotongan	Ukuran dipotong	Komponen (kode)	Jumlah potongan	Sisa Pemotongan (dm ² .)
X ₁	1075x450	C	1	8,3
	595x 320	E	5	
	1800x450	F	3	
	680x380	G	2	
X ₂	595 x 320	E	6	8,3
	1800 x 450	F	4	
X ₃	1860 x 770	B	1	3,1
	595 x 320	E	3	
	1800 x 450	F	3	
X ₄	1075 x 320	C	2	16,8
	1845 x 215	D	1	
	595 x 320	E	3	
	680 x 380	G	2	
X ₅	1780 X 760	A	1	6,0
	1860 X 770	B	1	
	1800 X 450	F	2	
X ₆	1075 x 450	C	1	6,0
	1845 x 215	D	1	
	595 x 320	E	3	
	1800 x 450	F	1	
	680 x 380	G	1	
X ₇	1780 X 760	A	1	6,1
	1845 X 215	D	1	
	1800 X 450	F	1	
X ₈	1845 X 1215	D	1	23,47
	595 X 320	E	3	
	1800 X 450	F	1	
	680 X 380	G	2	
X ₉	1075 X 450	C	3	25,15
	595 X 320	E	6	
	1800 X 450	F	2	
X ₁₀	1780 X 760	A	1	12,85
	1075 X 450	C	1	
	1845 X 1215	D	1	
	680 X 380	G	1	

Dari 10 alternatif model pemotongan yang di rancang, kemudian dibuat model optimasi dengan model *linier integer programming* sebagai berikut,

$$\text{Min } Z = 8,3X_1 + 8,3X_2 + 3,1X_3 + 16,8X_4 + 6,0X_5 + 10,0X_6 + 6,1X_7 + 23,47X_8 + 25,15X_9 + 12,85X_{10}$$

$$\text{s/t } X_5 + X_7 + X_{10} \geq 120$$

$$X_3 + X_5 \geq 90$$

$$X_1 + 2X_4 + X_6 + 3X_9 + X_{10} \geq 90$$

$$X_4 + X_6 + X_7 + X_8 + X_{10} \geq 120$$

$$5X_1 + 6X_2 + 3X_3 + 3X_4 + 3X_6 + X_8 + 6X_9 \geq 380$$

$$3X_1 + 4X_2 + 3X_3 + 2X_5 + X_6 + X_7 + 3X_8 + X_{10} \geq 460$$

$$2X_1 + 2X_4 + X_6 + 2X_8 + X_{10} \geq 40$$

$$X_1, X_2, X_3, \dots, X_{10} \geq 0 \text{ (integer)}$$

3.3 Solusi Model

Dengan menggunakan bantuan *software Quant System for windows (Win QS)*, diperoleh nilai untuk $X_3 = 54$, $X_5 = 90$, $X_6 = 90$, dan $X_7 = 30$ sedangkan untuk yang lainnya sama dengan nol (0), dengan nilai $Z = 1,990,4 \text{ dm}^2$. Dalam hal ini berarti alternatif model pemotongan yang harus dibuat adalah alternatif model pemotongan 3 sebanyak 54 unit, alternatif model pemotongan 5 dan 6 sebanyak masing-masing sebanyak 90 unit, dan alternatif model pemotongan 7 sebanyak 30 unit. Sebagai rekapitulasi hasil pemotongan yang akan dihasilkan dari solusi tersebut dapat dilihat dalam Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Optimasi

Nama Komponen	Komponen yang dihasilkan oleh setiap model pemotongan (unit)				Kebutuhan minimum	Keterangan
	Alt.3(=54)	Alt.5(=90)	Alt.6(=90)	Alt.7(=30)		
Rib Lug	-	90	-	30	120	Terpenuhi
Support	-	-	90	-	90	Terpenuhi
Basis	-	-	90	-	90	Terpenuhi
Main Landing Gear	-	-	90	30	120	Terpenuhi
Lower Fitting	162	-	270	-	380	Surplus 52
Main Landing Gear Outer	162	180	90	30	460	Surplus 2
B.H						
Half Fitting	-	-	90	-	40	Surplus 50

3.4 Pembahasan

Berdasarkan data yang diperoleh, sistem pemotongan yang digunakan membutuhkan 29 lembar bahan baku. Sisa pemotongan yang masih bisa dipergunakan sebanyak $2310,36 \text{ dm}^2$, sehingga total untuk 10 pesawat sebanyak $23103,6 \text{ dm}^2$. Sedangkan sisa material yang tidak bisa dipergunakan lagi (srap) sebanyak $333,5 \text{ dm}^2$ atau sebanyak 3335 dm^2 untuk 10 pesawat. Total lembaran *Alluminum Alloys* untuk 10 pesawat membutuhkan 290 lembar. Sisa material yang tidak bisa dipakai diperoleh $1790,4 \text{ dm}^2$. Sedangkan total bahan baku yang harus disediakan 264 lembar (*plate*). Dari data yang diperoleh terjadi penghematan sebagai berikut

1. Penghematan sisa material yang masih bisa dipergunakan untuk 10 pesawat adalah $23103,6 \text{ dm}^2 - 3081,8 \text{ dm}^2 = 20021,8 \text{ dm}^2$.
2. Penghematan sisa material yang tidak bisa dipergunakan lagi (srap) untuk 10 pesawat adalah $3335 \text{ dm}^2 - 1790,4 \text{ dm}^2 = 1544,6 \text{ dm}^2$. Penghematan dalam satuan Kg, jika berat jenis *Alluminum Alloys* 2,7 maka sisa material yang dapat dihemat adalah $1544,6 \text{ dm}^2 \times 1,2 \text{ mm} \times 2,7 \text{ Kg/m}^3 = 5004,504 \text{ Kg}$.
3. Penghematan biaya yang terjadi ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4 Perbandingan kondisi saat ini dengan hasil penelitian

Komponen biaya	Kondisis saat ini	Hasil Penelitian	Penghematan
Pembelian bahan baku untuk 10 pesawat	Rp. 38.015.617.730	Rp.34.607.320.968	Rp. 3.408.296.762
Penjualan Scrap	Rp. 270.135.000	Rp. 145.022.400	Rp. 125.112.600
Ongkos yang dikeluarkan	Rp. 37.745.482.730	Rp. 34.462.298.568	Rp. 3.283.184.162

4 Kesimpulan

1. Alternatif model pemotongan yang dapat meminimasi jumlah sisa material tak terpakai (scrap) adalah alternatif ke 3, 5, 6, dan ke 7
2. Jumlah material yang harus disiapkan untuk 10 pesawat pada kondisi saat ini sebanyak 290 lembar (*plate*), sedangkan hasil penelitian sebanyak 264 *plate*
3. Penghematan biaya yang diperoleh per 10 pesawat jika dengan menggunakan model –model pemotongan diatas adalah sebesar Rp. 3.283.184.162,

Daftar Pustaka

1. Bazaraa, Jarvis, Sherdi, *LINIER PROGRAMMING AND NETWORK FLOWS*, second edition, John Willey & Sons, New-york 1990.
2. Hamdy A. Taha, *Operations Research*, third Edition, MACMILLAN PUBLISHING CO. INC, New-york, COLLIER MACMILLAN PUBLISHING, London
3. Hamdy A. Taha, *Operations Research*, Fourth Edition, MACMILLAN PUBLISHING CO. INC, New-york, COLLIER MACMILLAN PUBLISHING, London
4. Hillier S Frederick, *Introduction to Operasion Research*, sixth edition, McGraw Hills, Inc, 1995.