

## APLIKASI BINARY INTEGER PROGRAMMING PADA PENYELESAIAN MASALAH LINE BALANCING

Gogor Arif Handiwibowo\* dan Abdullah Shahab\*\*

\*CV Visioner Surabaya

\*\*Program Studi Magister Manajemen Teknologi ITS

E-mail : [gogor\\_its@yahoo.com](mailto:gogor_its@yahoo.com)

**ABSTRACT:** *The proper assignment of work activities in a number of workstations in a production line system influences heavily the success of the production process. This problem is hitherto solved by trial and error or using the heuristic method which naturally does not ensure an optimal solution. The method of Binary Integer Programming is here proposed to solve this problem, which will ultimately guarantee an optimal solution. Optimization is carried out by formulating mathematical model programming with an objective function compelled to achieve the minimum number of workstations. This optimization is performed under the constraints of interdependency between work activities, cycle time, activities time, demand, and productive time available. The model is then employed in the production of women slipper. Optimization carried out by suitable software is proven able to assign each work activity in a specific workstation with an optimal efficiency. Comparison with the current performance shows a substantial efficiency increase.*

**Keywords:** *optimization, Binary Integer Programming, line balancing, time study.*

### PENDAHULUAN

Dalam proses pembuatan benda kerja yang terdiri atas beberapa komponen, kegiatan perakitan seringkali menentukan keberhasilan produksi. Keberhasilan ini bisa melibatkan aspek kualitas, produktifitas, dan efisiensi proses produksi. Perakitan yang tidak terpisahkan dari proses produksi, dan dilakukan untuk menyatukan komponen-komponen produk menjadi produk jadi sesuai dengan urutan pengerjaan dan struktur yang sudah ditentukan. Dalam perakitan, komponen-komponen benda kerja mengalami proses pengerjaan atau fabrikasi dengan cara yang sudah ditentukan, sehingga komponen-komponen yang terpisah bisa berubah menjadi suatu kesatuan dengan fungsi dan kegunaan sesuai perencanaan (Chase, Jacobs dan Aquilano, 1998).

Dalam keadaan dimana semua kegiatan yang terkait dengan komponen kerja di stasiun kerja bisa dikerjakan oleh seorang karyawan, maka alokasi komponen-komponen kerja bisa dilakukan dengan mudah, karena tidak melibatkan kontingensi antar stasiun kerja. Hal ini bisa dilakukan bila proses produksi tidak melibatkan banyak peralatan yang mahal, dan memerlukan perlakuan khusus.

Keahlian karyawan yang disyaratkan dalam proses pengerjaan komponen juga menjadi salah satu kendala dalam penempatan semua kegiatan di sebuah stasiun kerja. Pada saat suatu keahlian khusus yang tidak dimiliki semua karyawan dibutuhkan dalam proses produksi, maka penempatan semua komponen dalam sebuah stasiun kerja dengan sendirinya tidak bisa dilakukan. Hal-hal yang terkait dengan mesin dan peralatan menuntut adanya penempatan kegiatan-kegiatan pengerjaan komponen dalam stasiun-stasiun kerja yang berjumlah lebih dari satu. Penempatan kegiatan dalam stasiun-stasiun kerja yang berjumlah lebih dari satu membutuhkan cara atau metoda dengan kriteria dan



batasan yang sudah ditentukan. Kriteria yang digunakan untuk melihat keberhasilan penempatan kegiatan-kegiatan dalam stasiun-stasiun kerja adalah faktor keseimbangan beban kerja antar stasiun kerja, yang biasanya dinyatakan dengan efisiensi lintasan (Chase, Jacobs dan Aquilano, 1998).

Selain efisiensi atau keseimbangan lintasan yang merupakan kriteria keberhasilan, penempatan kegiatan-kegiatan dalam stasiun-stasiun kerja harus mengikut urutan pengerjaan benda kerja sesuai dengan rencana proses produksi. Mengingat output satu stasiun kerja akan menjadi input dari stasiun kerja lain, maka waktu yang dialokasikan untuk masing-masing stasiun kerja juga harus terkait dengan produktifitas yang diinginkan. Untuk menghasilkan pengaturan dengan kriteria dan batasan seperti ini, dikenal metoda pengaturan kegiatan-kegiatan kerja dalam proses produksi yang dinamakan metoda penyeimbangan lintasan atau "*line balancing*" (Taha, 1997).

### *Line Balancing dan Binary Integer Programming*

Pada prinsipnya, metoda *line balancing* menempatkan kegiatan-kegiatan dalam stasiun-stasiun kerja guna menghasilkan pembebanan kerja yang merata antara satu stasiun kerja dengan stasiun kerja lain (Chase, Jacobs dan Aquilano, 1998). Dengan memanfaatkan data waktu produktif dan jumlah permintaan produk, waktu siklus proses produksi dapat diperoleh. Waktu siklus menunjukkan selang waktu yang diperlukan sebuah produk untuk keluar dari lintasan produksi, atau selang waktu total kegiatan yang boleh dialokasikan pada sebuah stasiun kerja. Dengan memperhatikan waktu di setiap stasiun kerja dan hubungan keterkaitan antar kegiatan dalam proses produksi, penempatan kegiatan dalam setiap stasiun kerja dapat dilakukan.

Penempatan kegiatan di stasiun-stasiun kerja umumnya dilakukan dengan coba-coba, atau dengan metoda heuristik, yang tidak menjamin penempatan optimal kegiatan-kegiatan. Metoda coba-coba sulit digunakan pada proses produksi lintasan panjang. Sedangkan metoda heuristik dapat mengakibatkan penyelesaian yang tidak konsisten.

Dalam penelitian ini, penempatan kegiatan dalam stasiun-stasiun kerja dilakukan dengan memformulasikan masalah sebagai model matematis untuk memperoleh penyelesaian optimal. Program matematis *Binary Integer Programming* merupakan program yang dianggap sesuai. Dalam program ini semua variabel keputusan dinyatakan dalam bilangan biner, yang berharga 1 atau 0, tergantung pemilihannya (Tailor, 1999).

Tujuan model *Binary Integer Programming* adalah meminimalkan jumlah stasiun kerja, yang dapat meningkatkan efisiensi lintasan. Tujuan ini dicapai tanpa mengorbankan kendala waktu siklus yang tidak boleh dilanggar, dan keterkaitan antar kegiatan dalam proses produksi. Penggunaan model *Binary Integer Programming* menjamin bahwa penempatan kegiatan pada stasiun-stasiun kerja, yang diperoleh dengan penyelesaian model, akan menghasilkan keseimbangan optimal.

## **METODOLOGI PENELITIAN**

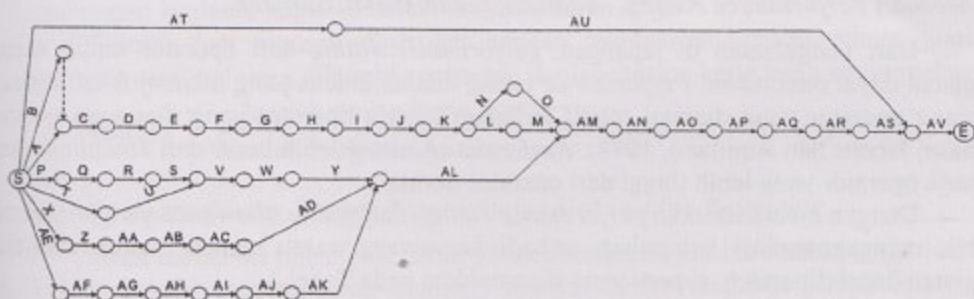
Aplikasi model *Binary Integer Programming* untuk penyelesaian masalah penyeimbangan lintasan diaplikasikan dengan contoh sederhana proses produksi pembuatan sandal wanita tipe tertentu. Karena sifatnya yang umum, model ini dapat diaplikasikan untuk semua masalah yang terkait dengan penyeimbangan lintasan.

Proses pembuatan sandal melibatkan beberapa kegiatan, yang sebagian ditunjukkan pada Tabel 1. Beberapa kegiatan digabungkan, karena waktu proses yang terlalu kecil, sehingga sulit diletakkan pada stasiun kerja yang terpisah. Waktu yang

dibutuhkan setiap kegiatan diperoleh dengan perhitungan waktu baku untuk masing-masing kegiatan. Keterkaitan antar dalam proses produksi ditunjukkan pada Gambar 1.

Tabel 1. Contoh Kegiatan pada Proses Produksi Sandal.

No.	Kode Sub Kegiatan	Kegiatan	No Kegiatan	Waktu Baku Sub Kegiatan	Waktu Baku Gabungan
1	A	Karton dan busa dilem dan direkatkan	1	8.53	20.01
2	B			8.48	
3	C			3.00	
4	D	Dikeringkan	2	120.00	120.00
5	E	Diplong, dilem dan ditempelkan ke alas plastik	3	8.53	80.08
6	F			8.48	
7	G			60.00	
8	H			3.07	
9	I	Dikeringkan	4	120.00	120.00
10	J	Digunting sederhana dan sisa dipres ke body	5	8.25	29.29
11	K			21.05	
12	L	Disablon gambar/merek	6	10.78	10.78
13	M	Dikeringkan	7	120.00	120.00
14	N	Dilubangi untuk tempat kap	8	12.96	29.96
15	O			17.00	



Gambar 1. Diagram Keterkaitan Antar Kegiatan pada Proses Pembuatan Sandal

## PENGUMPULAN DATA DAN ANALISIS *TIME STUDY*

Data yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data waktu masing-masing kegiatan yang diperoleh dengan melakukan *time study*. Waktu untuk menyelesaikan sebuah kegiatan diamati beberapa kali agar dapat diperoleh waktu rata-rata.

### Keseragaman dan kecukupan data

Kualitas data dapat dilihat dari keseragaman dan kecukupan data. Test keseragaman data dilakukan untuk melihat apakah variasi data masih bisa diatribusikan kepada faktor alamiah yang mengikuti distribusi tertentu. Test kecukupan data digunakan untuk melihat apakah jumlah data sudah mencukupi untuk pengambilan inferensi parameter populasi dari harga statistik pada sampel (Besterfield, 2000).

Keseragaman data bisa ditentukan dengan melakukan prosedur sebagai berikut:

Menentukan nilai rata-rata data:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots \dots \dots (1)$$



Menentukan nilai standar deviasi:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2)$$

Menentukan batas atas dan batas bawah nilai data yang diperoleh dengan:

$$BK = \bar{X} \pm 3s \dots\dots\dots (3)$$

Data pengamatan yang berada di luar batas atas atau bawah nilai yang diperoleh dengan rumus (3) dianggap tidak memenuhi syarat keseragaman data, dan tidak akan digunakan pada analisis selanjutnya. Untuk melihat tingkat kecukupan data dari proses *time study* digunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$n = \left[ \frac{z_{\alpha/2} \cdot s}{h \cdot \bar{X}} \right]^2 \dots\dots\dots (4)$$

- dimana: h = ketelitian/deviasi dari harga rata-rata
- n = jumlah pegamatan minimal
- $z_{\alpha/2}$  = nilai normal standar (berharga 2.575 untuk 99% *confident level*)

**Penentuan Performance Rating, Allowance, dan Waktu Standar**

Dari pengamatan di lapangan, *performance rating* dari operator untuk setiap kegiatan dapat ditentukan. *Performance rating* adalah indeks yang menunjukkan kinerja seorang operator yang diamati relatif terhadap kinerja operator yang dianggap normal (Chase, Jacobs dan Aquilano, 1998). *Performance rating* lebih besar dari 1 menunjukkan kinerja operator yang lebih tinggi dari operator normal.

Dengan memanfaatkan *performance rating*, dan waktu *allowance* yang diberikan untuk mengakomodasi kebutuhan pribadi karyawan, waktu standar untuk tiap-tiap kegiatan dapat diperoleh, seperti yang dicontohkan pada Tabel 1.

**Analisis Line Balancing**

**Menentukan Waktu Siklus**

Waktu siklus produksi sandal wanita diperoleh dengan memanfaatkan data waktu produktif dan permintaan produksi (Chase, Jacobs dan Aquilano, 1998). Dalam kasus ini waktu produktif tersedia adalah 6 jam/hari dan permintaan produksi sebesar 250 unit/hari. Perhitungan waktu siklus adalah sebagai berikut:

Waktu produktif = 6 jam per hari = 21.600 detik/hari  
 Jumlah permintaan = 250 buah sandal/hari

$$\text{Waktu Siklus (WS)} = \frac{\text{Waktu Produktif}}{\text{Jumlah Permintaan}} \dots\dots\dots (5)$$

$$WS = \frac{21.600}{250} = 86.40 \text{ detik/unit}$$

Waktu siklus sebesar 86.40 detik/unit menunjukkan bahwa untuk memenuhi permintaan produksi sebesar 250 unit/hari, maka setiap 86.40 detik harus dihasilkan satu unit produk dari lintasan. Schubungan dengan penempatan kegiatan-kegiatan dalam

stasiun-stasiun kerja, waktu siklus ini menunjukkan waktu total maksimal penggabungan kegiatan-kegiatan dalam sebuah stasiun kerja. Untuk kegiatan dengan waktu melebihi waktu siklus ini, maka kegiatan-kegiatan dikerjakan pada beberapa stasiun kerja sehingga waktu efektif kegiatan tidak melebihi waktu siklus yang diperoleh.

### **Menentukan Jumlah Stasiun Kerja Teoritis Minimal dan Efisiensi Lintasan**

Jumlah stasiun kerja minimal secara teoritis bisa ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$\text{Jumlah Stasiun Kerja (JSK)} = \frac{\text{Waktu total pembuatan benda kerja}}{\text{Waktu siklus}} \dots(6).$$

Dalam kasus ini waktu total pembuatan benda kerja adalah 868.76 detik dan waktu siklus adalah 86.40 detik/unit, maka:

$$\text{Jumlah Stasiun Kerja (JSK)} = \frac{868.76 \text{ (detik)}}{86.40 \text{ (detik/unit)}} = 10.06 \text{ unit} \approx 10 \text{ unit}$$

Jumlah stasiun kerja teoritis minimal ini menunjukkan jumlah terkecil stasiun kerja untuk menyelesaikan pekerjaan perakitan. Dalam implementasinya nanti jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan dapat lebih besar. Hal ini disebabkan adanya kesulitan penggabungan kegiatan-kegiatan dalam stasiun-stasiun kerja.

Efisiensi dari lintasan diperoleh dengan membandingkan antara jumlah stasiun kerja minimal yang dibutuhkan dengan jumlah stasiun kerja yang sesungguhnya:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Jumlah stasiun kerja teoritis}}{\text{Jumlah stasiun kerja sebenarnya}} \dots\dots\dots(7)$$

### **Model Matematis Binary Integer Programming Untuk Line Balancing**

Dalam model ini tujuan diarahkan untuk membatasi jumlah stasiun kerja. Hal ini dilakukan dengan menempatkan kegiatan terakhir (yaitu kegiatan nomor 27) pada stasiun kerja dengan urutan paling belakang, dengan jumlah stasiun kerja paling sedikit. Dengan rumus (6) didapatkan jumlah stasiun kerja minimal 10 buah. Jadi, kegiatan terakhir proses perakitan tidak mungkin ditempatkan sebelum stasiun kerja nomor 10.

Jumlah stasiun kerja yang lebih besar dari yang dibutuhkan akan menurunkan efisiensi lintasan. Dalam kasus ini, efisiensi sebesar 70% dianggap sebagai efisiensi paling rendah yang diperkenankan. Dengan menggunakan rumus (7) efisiensi 70% dicapai pada saat jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan mendekati 15 buah. Dengan demikian, kegiatan terakhir dari proses perakitan ini bisa ditempatkan pada salah satu dari stasiun kerja nomor 10 sampai nomor 15.

Penempatan kegiatan terakhir pada stasiun kerja dengan nomor yang lebih kecil, misalnya nomor 10, akan mengurangi jumlah stasiun kerja dan akan meningkatkan efisiensi dari lintasan; menempatkan kegiatan terakhir pada stasiun kerja nomor 15 akan menurunkan efisiensi.

Fungsi tujuan formulasi *Binary Integer Programming* ini berupaya memaksa kegiatan terakhir agar ditempatkan pada stasiun kerja dengan nomor sekecil mungkin. Hal ini diaktualisasikan dengan pemberian penalti yang semakin besar dengan semakin jauhnya penempatan kegiatan terakhir dari stasiun minimal.

Penempatan kegiatan terakhir pada stasiun kerja dengan nomor lebih kecil pada hakikatnya memaksa semua kegiatan untuk ditem-patkan pada stasiun-stasiun kerja



yang lebih awal. Hal ini terjadi karena adanya keter-kaitan antar kegiatan. Apabila kegiatan terakhir ditempatkan pada stasiun kerja nomor 10, maka kegiatan yang mendahului hanya boleh ditempatkan pada stasiun kerja nomor 10 bersama-sama dengan kegiatan terakhir, atau ditempatkan pada stasiun-stasiun kerja yang mendahului. Dengan demikian, penempatan kegiatan terakhir pada stasiun kerja bernomor lebih kecil, sama artinya dengan menempatkan semua kegiatan pada stasiun-stasiun kerja terdepan. Kesemuanya berdampak memperkecil jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan.

**Persamaan fungsi tujuan:**

$$\text{Min } C = \sum_{j=k}^n a_j X_{ij} \dots\dots\dots (8)$$

- dimana: i = indeks kegiatan (1...m)  
 j = indeks stasiun kerja (1... n)  
 a<sub>j</sub> = penalti penempatan kegiatan ke-m pada stasiun kerja j, semakin besar dengan semakin besarnya j.  
 k = jumlah stasiun kerja minimal.  
 X<sub>ij</sub> = bilangan biner, berharga 1 apabila kegiatan i ditempatkan pada stasiun kerja j, dan 0 apabila tidak.

Dalam aplikasi pada perakitan sandal, dengan jumlah stasiun kerja minimal dan maksimal adalah 10 dan 15 masing-masing, persamaan (8) bisa dituliskan sebagai:

$$\text{Min } C = 10 \cdot X_{2710} + 11 \cdot X_{2711} + 12 \cdot X_{2712} + 13 \cdot X_{2713} + 14 \cdot X_{2714} + 15 \cdot X_{2715}$$

Dari persamaan ini dapat dilihat bahwa penempatan kegiatan terakhir, yaitu kegiatan nomor 27, pada stasiun kerja ke-10 menimbulkan penalti sebesar 10, sedangkan penempatan pada stasiun kerja ke-15 menghasilkan penalti sebesar 15. Penalti sebesar 10-15 ini boleh diganti dengan sembarang angka positif yang semakin membesar sesuai dengan nomor stasiun kerja. Dengan penalti yang semakin besar, fungsi tujuan meminimalkan ini akan menghindari penempatan kegiatan 27 pada stasiun kerja dengan nomor lebih besar.

**Kendala-kendala proses**

Agar memenuhi permintaan sesuai rencana dan perakitan dapat dilakukan sesuai urutan pengerjaan, maka penempatan kegiatan-kegiatan dalam stasiun kerja harus memenuhi persyaratan tertentu. Salah satu syarat yang harus dipenuhi pada penempatan kegiatan-kegiatan pada sebuah stasiun kerja adalah menjaga agar jumlah waktu kegiatan di sebuah stasiun kerja tidak melebihi waktu siklus. Syarat lain adalah menjaga setiap kegiatan agar ditempatkan pada stasiun kerja dengan urutan proses tidak dilanggar.

**Persamaan kendala pembatas waktu siklus**

$$\sum_{i=1}^m \alpha_i X_{ij} \leq W_s \quad j = 1 \dots\dots n \dots\dots\dots (9)$$

dimana: α<sub>i</sub> = waktu kegiatan i; W<sub>s</sub> = waktu siklus.

Kendala ini menjamin bahwa waktu total penempatan kegiatan-kegiatan pada setiap stasiun kerja tidak akan melebihi waktu siklus yang sudah ditentukan. Dengan memasukkan data waktu masing-masing kegiatan dan waktu siklus, kendala ini akan mengatur penempatan kegiatan-kegiatan pada stasiun-stasiun kerja.

**Kendala penempatan setiap kegiatan pada satu stasiun kerja**

Setiap kegiatan harus ditempatkan pada sebuah dan hanya sebuah stasiun kerja. Kendala ini secara matematis bisa dituliskan sebagai:

$$\sum_{i=1}^m X_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, n \quad \dots \dots \dots (10)$$

**Fungsi kendala hubungan antar kegiatan**

Sebelum menempatkan sebuah kegiatan pada sebuah stasiun kerja, maka kegiatan yang mendahului kegiatan ini harus ditempatkan pada stasiun kerja yang sama atau stasiun kerja yang mendahului. Kendala ini secara matematis bisa dituliskan:

$$X_{ip} \leq \sum_{j=1}^p X_{ij} \quad \dots \dots \dots \quad \begin{matrix} I = 1 \dots m \\ p = 1 \dots n \end{matrix} \quad \dots \dots \dots (11)$$

dimana:  $t$  = indeks kegiatan yang langsung mendahului kegiatan  $i$  (ditentukan dari diagram)

Contoh persamaan fungsi pembatas karena adanya hubungan antar kegiatan, misalnya kegiatan 9 yang mendahului kegiatan 10, bisa dituliskan:

$$\begin{aligned} X_{1001} &\leq X_{0901} \\ X_{1002} &\leq X_{0901} + X_{0902} \\ &\dots \dots \dots \\ X_{1015} &\leq X_{0901} + X_{0902} + X_{0903} + X_{0904} + X_{0905} + X_{0906} + X_{0907} + X_{0908} + X_{0909} + \\ &X_{0910} + X_{0911} + X_{0912} + X_{0913} + X_{0914} + X_{0915} \end{aligned}$$

Persaman terakhir menunjukkan jika kegiatan 10 ditempatkan pada stasiun kerja ke-15, maka kegiatan 9 yang mendahului harus ditempatkan pada pilihan stasiun kerja ke-1 sampai 15.

**Fungsi pembatas biner**

Karena variabel  $X_{ij}$  diharapkan bernilai 1 atau 0, maka harga  $X_{ij}$  dibatasi dengan:

$$0 \leq X_{ij} \leq 1 \quad \dots \dots \dots (12)$$

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penyelesaian model formulasi *Line Balancing* dengan menggunakan fungsi tujuan dan pembatas di atas, yang diaplikasikan pada produksi sandal wanita menghasilkan pengaturan kegiatan dalam stasiun-stasiun kerja seperti pada Tabel 2.

Penempatan kegiatan-kegiatan pada stasiun-stasiun kerja menggunakan model *Integer Binary Programming* ini menghasilkan 11 stasiun kerja, sebuah lebih banyak dari perhitungan teoritis minimal. Waktu siklus masing-masing stasiun kerja berkisar antara 67.76 - 85.91 detik, mendekati waktu siklus rencana sebesar 86.40 detik/unit.

Jumlah kegiatan dalam sebuah stasiun kerja berkisar antara 1 kegiatan (dengan waktu mendekati waktu siklus seperti pada stasiun kerja 4), hingga 5 kegiatan (dengan jumlah waktu total mendekati waktu siklus seperti pada stasiun kerja 1 dan 7).

Efisiensi lintasan yang diperoleh dengan model ini mencapai 91.41%, jauh lebih besar dari efisiensi yang diperoleh, yaitu 78.35%. Peningkatan efisiensi ini merupakan hasil pengaturan kegiatan-kegiatan yang lebih baik di stasiun-stasiun kerja yang berdampak meminimalkan waktu *idle* dan mengurangi jumlah stasiun yang dibutuhkan.



Tabel 2. Penempatan Kegiatan dalam Stasiun Kerja

Stasiun Kerja	Waktu kegiatan (detik)					Waktu Total (detik)
1	1 (20.01)	14 (13.37)	15 (19.43)	17 (13.26)	18 (19.38)	85.45
2	2 (60.00)	19 (19.42)				79.42
3	20 (7.76)	28 (60.00)				67.76
4	3 (80.08)					80.08
5	4 (60.00)	16 (19.41)				79.41
6	26 (25.37)	29 (60.00)				85.37
7	5 (29.29)	6 (10.78)	9 (13.23)	10 (19.39)	11 (13.22)	85.91
8	7 (60.00)	12 (18.75)				78.75
9	13 (17.79)	30 (60.00)				77.79
10	8 (29.96)	21 (12.42)	22 (15.75)	23 (15.83)		73.96
11	24 (26.85)	25 (20.33)	27 (27.67)			74.85

Formulasi model *Integer Binary programming* untuk contoh aplikasi produksi sandal wanita melibatkan fungsi obyektif dengan 450 variabel keputusan dan 478 kendala. Penyelesaian dengan perangkat lunak membutuhkan waktu sangat singkat, sesuai dengan ekstensifitas masalah. Penyelesaian masalah pada perakitan dengan jumlah kegiatan lebih banyak dan derajat keterkaitan antar kegiatan yang lebih kompleks, dapat membutuhkan waktu lebih lama. Hal ini terutama disebabkan oleh adanya keharusan untuk membuat kendala keterkaitan antar kegiatan, baik dari sisi keterkaitan proses maupun pada penempatannya di stasiun kerja.

Tahapan untuk mengurangi jumlah iterasi dalam penyelesaian masalah kadangkala dapat dilakukan, seperti yang sudah dicoba dalam contoh ini. Kegiatan terakhir kemungkinan bisa ditempatkan pada stasiun kerja pertama sampai dengan stasiun kerja dengan nomor sama dengan nomor kegiatan terakhir, dibatasi penempatannya dengan memanfaatkan data jumlah stasiun kerja teoritis minimal yang diperoleh pada perhitungan awal, dan efisiensi minimal yang diperkenankan. Pembatasan-pembatasan seperti ini dengan sendirinya tidak bisa dilakukan terlalu jauh, terutama yang terkait dengan kendala penempatan kegiatan-kegiatan pada stasiun-stasiun kerja. Hal ini dikarenakan pada ujungnya nanti, akan mengurangi nilai tambah yang dapat diperoleh dengan model *Binary Integer Programming* dalam menyelesaikan *Line Balancing*.

## KESIMPULAN

Metoda *Binary Integer Programming* merupakan metoda yang mampu menyelesaikan masalah *Line balancing* yang sejauh ini diselesaikan dengan metoda heuristik atau coba-coba dengan suatu penyelesaian yang dijamin optimal.

Aplikasi metoda ini pada industri pembuatan sandal wanita mampu meningkatkan efisiensi lintasan dengan besaran yang berarti.

## DAFTAR PUSTAKA

- Besterfield, Dale H., 2000. *Quality Control*, Prentice Hall International, USA.
- Chase, R B., Jacobs, F R dan Aquilano, N J.,1998. *Operation Management for Competitive Advantage*, McGraw-Hill, New York.
- Taha, Hamdy A., 1997. *Operation Research an Introduction*, Prentice Hall International, USA.
- Taylor, Bernard W., 1999. *Introduction to Management Science*, Prentice Hall International, USA.