

PENYEIMBANGAN LINTASAN PRODUKSI MELALUI PENENTUAN JUMLAH STASIUN KERJA YANG OPTIMAL

(Studi kasus di PT. Sai Apparel Industri Semarang)

Oleh :

Eli Mas'idah

Dosen Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Sultan Agung

Abstract

PT. SAI APPAREL INDUSTRI Semarang is a clothing company which manufactures export production with cut-bray denims in particular. During the production process, it is currently happened the accumulation of work-in-progress products that cause bottle neck in one of workstations, while idle time in another workstations. The problem among the workstations is known as the assembly line balancing problem. The consequences of this situation, least working efficiency phase and critical product capacity occur; therefore unfulfilled production target and demand in time take place. According to production capacity calculation, noticed numerous workstations have been through bottle neck such as press-waistband's workstation, thus line balancing is necessary. There are three methods of line balancing including Ranked Positional Weight (RPW), Kilbridge Ang Wester's Method and Largest Candidate Rule (LCR).

Key words : *Line balancing method, Ranked Positional Weight (RPW), kilbridge ang wester's method, Largest Candidate Rule (LCR).*

PENDAHULUAN

Untuk meningkatkan suatu usaha, sebuah perusahaan harus bisa bersaing dengan perusahaan lain. Pada umumnya dikatakan berhasil apabila perusahaan mampu memperoleh laba yang optimum sesuai yang diharapkan, selain mampu mengembangkan dan mempertahankan eksistensinya untuk dapat bekerja secara efektif dan efisien guna memenuhi permintaan dengan tepat waktu. Guna mencapai kondisi tersebut dibutuhkan suatu sistem produksi yang efektif, efisien dan kualitas yang baik dengan biaya produksi yang minimal dapat menghasilkan produk dengan harga yang maksimal. Untuk

melaksanakan proses produksi secara baik dan lancar diperlukan penentuan jumlah stasiun kerja dengan lintasan kerja selalu diusahakan seimbang. Beban pekerjaan yang dilakukan pada satu stasiun kerja oleh operator harus seimbang dengan beban kerja operator pada stasiun kerja berikutnya yang digunakan dalam melakukan proses produksi.

Penentuan jumlah stasiun kerja harus dilaksanakan dengan sebaik-baiknya agar tidak terjadi penumpukan bahan (*bottle neck*) pada salah satu stasiun kerja atau sebaliknya terjadi waktu menganggur (*idle time*) yang cukup besar pada stasiun kerja. Apabila terjadi suatu kesalahan dalam menentukan jumlah stasiun kerja yang dibutuhkan akan mengakibatkan kerugian pada perusahaan dalam hal efisiensi kerja dengan rendahnya tingkat efisiensi kerja akan menyebabkan kapasitas produksinya tidak optimal sehingga target produksi menjadi tidak tercapai.

Berdasarkan uraian tersebut maka perlu diadakan analisa keseimbangan lintasan untuk mengatasi ketidakseimbangan yang menyebabkan terjadinya *bottle neck*.

Terdapat beberapa metode untuk keseimbangan lintasan diantaranya metode *Ranked Positional Weight (RPW)*, *Kilbridge and wester's method* dan *Largest Candidate Rule (LCR)*. *Ranked Positional Weight (RPW)* adalah metode untuk menggabungkan beberapa stasiun kerja yang diambil dari waktu elemen kerja terbesar yang diperoleh dari penentuan bobot posisi. *Kilbridge and wester's method* adalah menggabungkan beberapa elemen kerja dalam daerah *precedence* paling kiri dalam berbagai cara dan mengambil hasil gabungan terbaik yang hasilnya sama atau hampir sama dengan waktu siklus, dan *Largest Candidate Rule (LCR)* adalah menggabungkan elemen kerja dengan pengurutan operasi dari waktu operasi terbesar dengan proses memperhatikan proses yang mendahuluinya. Diharapkan dengan menerapkan Analisa keseimbangan dengan tiga metode *Ranked Positional Weight (RPW)*, *Kilbridge Ang Wester's Method* dan *Largest Candidate Rule (LCR)*, akan didapat metode yang paling optimal.

PT. SAI APPAREL INDUSTRI Semarang, merupakan perusahaan garmen yang memproduksi produk ekspor, terdiri dari 5 hall (gedung atau cabang) yang bertempat di satu lokasi diantaranya hall A,B,C,D,E. Di hall

masing–masing terdiri dari 15 line dan di tiap semua line tersebut sering terjadi penumpukan barang setengah jadi (*bottle neck*) pada salah satu stasiun kerja dan sebaliknya terjadi waktu menganggur (*idle time*) yang cukup besar pada stasiun kerja yang disebabkan karena lintasan produksinya tidak seimbang. Maka untuk mengatasi permasalahan diatas perlu diadakan analisa keseimbangan lintasan guna memperoleh lintasan produksi yang seimbang sehingga target produksi dan permintaan tepat waktu terpenuhi.

METODE KESEIMBANGAN LINTASAN DENGAN PENGELOMPOKAN ELEMEN KERJA

Menurut Groover (1987), terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menyeimbangkan lintasan produksi. Beberapa metode heuristik yaitu metode yang lebih didasarkan pada logika dan perkiraan kasar dibandingkan dengan pengukuran pembuktian matematis adalah :

a. Metode *Ranked Position Weight*

Menurut *Maynard* (1971), metode penyeimbangan perakitan yang paling awal digunakan adalah metode *ranked position weight*, yaitu :

- Meminimasi jumlah stasiun kerja pada siklus yang tertentu.
- Meminimasi waktu siklus pada jumlah stasiun kerja yang ditentukan.

Dengan urutan dari aturan–aturan utama metode tersebut adalah :

- Menentukan waktu siklus.
- Memilih unit kerja dengan bobot posisi tertinggi dan menempatkan unit kerja tersebut pada stasiun kerja pertama.
- Menghitung bagian waktu siklus yang tersisa untuk stasiun kerja pertama.
- Memilih unit kerja dengan bobot posisi tertinggi berikutnya dan mencoba menampatkannya pada stasiun kerja pertama setelah memeriksa hal – hal berikut ini.
 - Memastikan persyaratan precedence yang harus diikuti.
 - Memeriksa waktu unit kerja harus lebih kecil dibandingkan waktu siklus yang tersisa.

Apabila unit kerja ditolak untuk alasan salah satu diatas, simpanlah unit kerja itu untuk menempatkan pada stasiun kerja kedua. Apabila unit

kerja ini diterima oleh kedua alasan tersebut, maka tempatkanlah pada pada stasiun kerja pertama.

b. Metode *Largest Candidat Rule*

Groover (1987) berpendapat bahwa ini merupakan metode yang paling mudah untuk dipahami. Elemen–elemen kerja dipilih untuk ditempatkan pada stasiun–stasiun kerja dengan dasar ukuran dari nilai T_c –nya (waktu elemen kerjanya). Langkah–langkah metode ini adalah :

- Menulis dalam bentuk daftar semua elemen kerja dengan urutan T_c yang terbesar ke yang kecil.
- Untuk menempatkan elemen kerja pada stasiun kerja pertama, mulai dari yang paling puncak dalam daftar dan terus kebawah, pilih elemen yang paling mungkin untuk ditempatkan pada stasiun tersebut. Elemen yang ditempatkan pada stasiun kerja pertama adalah elemen kerja memenuhi kebutuhan *precedence* dan tidak menyebabkan jumlah dari nilai T_e pada stasiun kerja tersebut melebihi dari waktu siklus T_e .
- Meneruskan proses penempatan elemen kerja ke stasiun kerja seperti pada langkah 2 sampai tidak dan elemen yang tidak dapat ditambahkan tanpa melampui nilai T_e .
- Mengulangi langkah 2 dan 3 untuk stasiun kerja lainnya sampai semua elemen kerja dapat ditempatkan.

c. Metode *kilbridge and Wester's*

Menurut Groover (1987), teknik penyelesaian permasalahan yang dikembangkan oleh kilbridge dan wester ini telah diterapkan pada beberapa masalah *line balancing* yang cukup rumit dengan hasil yang cukup sukses. Ini merupakan masalah heuristik dimana memilih elemen kerja untuk ditempatkan pada stasiun kerja sesuai dengan posisi mereka di *precedence* diagram. Langkah – langkah metode ini adalah :

- Buat *precedence* diagram, jadi node – node menunjukkan elemen – elemen kerja dari *precedence* yang identik disusun secara vertikal pada kolom.
- Buat daftar sesuai dengan kolomnya, kolom 1 pada awal daftar. Jika elemen kerja dapat ditempatkan pada lebih dari satu kolom, buat

daftar semua kolom dengan elemen kerja tersebut untuk dapat melihat kemampuan pindahan dari elemen tersebut.

- Untuk menempatkan elemen kerja pada suatu stasiun kerja mulai dengan elemen untuk kolom 1, teruskan penempatan elemen kerja samapi *cycle time* tercapai.
- Teruskan sampai semua elemen kerja ditempatkan pada stasiun-stasiun kerja.

METODE PENGUMPULAN DATA

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data *input* dan data *output* yang akan dianalisa. Pengumpulan data ini dilakukan dengan melakukan observasi di lapangan maupun *interview* secara langsung dengan pihak yang terkait. Pengumpulan data disini meliputi :

- Pengumpulan waktu kerja per elemen
- Jumlah stasiun kerja
- Jumlah operator
- Peta operasi kerja (opc)

Adapun pengumpulan data yang dilakukan meliputi data elemen kerja di PT. Sai Apparel Industri seperti yang ditunjukkan pada Table 1.

PENGOLAHAN DATA

1. Uji Keseragaman Data

– Perhitungan untuk elemen kerja numbering

– Harga rata-rata :

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{k}$$

$$= \frac{1063}{30}$$

$$= 35.43333 \text{ detik}$$

– Standart deviasi :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (xi - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(36 - 35.33)^2 + (36 - 35.33)^2 + \dots + (34 - 35.33)^2}{30 - 1}}$$

$$\sigma = 1.50134$$

– Batas control :

$$BKA = \bar{x} + k \sigma$$

$$BKA = 35.43333 + 1.50134$$

$$= 39,937 \text{ detik}$$

$$BKB = \bar{x} - k \sigma$$

$$BKB = 35.43333 - 1.50134$$

$$= 30,9293 \text{ detik}$$

Dari perhitungan uji keseragaman data elemen kerja satu diperoleh hasil BKA dan BKB. Karena semua nilai rata-rata berada diantara BKA dan BKB, maka dianggap seragam.

Dengan cara yang sama diperoleh bahwa data elemen kerja lainnya adalah seragam.

2. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data (perhitungan kecukupan data) elemen kerja Numbering adalah :

$$N' = \left[\frac{K/s \sqrt{N \sum x_1^2 - (\sum x_1)^2}}{\sum x_1} \right]^2$$

Dimana :

K = tingkat keyakinan (95% = k = 2)

s = tingkat ketelitian (5%)

$$N' = \left[\frac{2/0,05 \sqrt{30(37731) - (1063)^2}}{1063} \right]^2 = 2,776 \text{ detik}$$

$N' < N$ ($2,776 < 30$) maka data sudah cukup.

Perhitungan untuk elemen kerja yang lain dilakukan dengan cara yang sama dengan elemen kerja lainnya memiliki data yang cukup.

3. Penentuan Waktu Baku

$$\begin{aligned} \text{Menghitung waktu siklus, } W_s &= \frac{\sum x_i}{n} \\ &= \left[\frac{36 + 36 + \dots + 34}{30} \right] \\ &= 35,433 \text{ detik} \quad = 0,590 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Menghitung waktu normal, } W_n &= W_s \times P \\ &= 35,433 \times 1,08 \\ &= 38,26 \text{ detik} \quad = 0,637 \text{ menit} \end{aligned}$$

$$\text{Menghitung waktu baku, } W_b = \frac{W_n \times 100\%}{(100\% - \% \text{ kelonggaran})}$$

$$= \frac{0.637 \times 100\%}{(100\% - 9\%)} = 0.70 \text{ menit}$$

Jadi dengan demikian dapat diketahui bahwa waktu baku pada elemen kerja numbering adalah 0.70 menit. Perhitungan waktu baku untuk elemen kerja yang lain dilakukan dengan cara yang sama.

4. Perhitungan Kapasitas Produksi

Perhitungan kapasitas produksi dilakukan untuk mengetahui kapasitas masing-masing sehingga dapat teridentifikasi jika terjadi kemacetan pada elemen-elemen kerja yang mengakibatkan penumpukan pekerjaan. Berikut adalah contoh perhitungan kapasitas produksi pada stasiun kerja Numbering :

$$\begin{aligned}
 K_i &= \frac{M_i \times E}{J_i} \\
 &= \frac{1 \times 420 \text{ menit/hari}}{0.70 \text{ menit/unit}} = 600 \text{ unit/hari}
 \end{aligned}$$

Dimana :

K_i = kapasitas beban produksi stasiun ke-i

M_i = jumlah mesin/operator

E = jumlah jam efektif

J_i = kebutuhan jam operator untuk membuat satu unit produk

Perhitungan kapasitas produksi untuk elemen kerja yang lain dilakukan dengan cara yang sama, dengan hasil perhitungan berikut :

Tabel 1. Perhitungan Kapasitas Produksi

No	Elemen Kerja	Waktu Baku (menit)	Jumlah Operator	Jam Efektif (menit)	Waktu Operasi	Kapasitas Produksi (unit)
1	Numbering	0.70	1	7 x 60	0.7	600
2	Qc	0.58	1	7 x 60	0.58	724
3	Pres wisban	0.85	1	7 x 60	0.85	494
4	Pres front body	0.96	1	7 x 60	0.96	437
5	Gambar wisban	0.74	1	7 x 60	0.74	567
6	Rimbias wisban	0.69	1	7 x 60	0.69	608
7	Obras badan depan	0.48	1	7 x 60	0.48	875
8	Gambar badan depan	0.68	1	7 x 60	0.68	618
9	Pasang zipper	0.53	1	7 x 60	0.53	792
10	Pasang golby	0.14	1	7 x 60	0.14	3000
11	Fariasi zipper	0.89	1	7 x 60	0.89	472
12	Setik lapisan fron pocket	0.68	1	7 x 60	0.68	618
13	Lakar kantong	1.05	1	7 x 60	1.05	400
14	Setik kantong	0.78	1	7 x 60	0.78	538
15	Tack kantong samping	1.08	1	7 x 60	1.08	389
16	Obras badan belakang	0.64	1	7 x 60	0.64	656
17	Gambar badan belakang	1.17	1	7 x 60	1.17	359
18	Pasang lapisan kantong	0.60	1	7 x 60	0.6	700
19	Pisang lapisan bobok	0.80	1	7 x 60	0.8	525
20	Bobok kantong belakang	1.05	1	7 x 60	1.05	400
21	Tack kantong bobok	0.70	1	7 x 60	0.7	600
22	Obras lapisan kantong bobok	0.85	1	7 x 60	0.85	494
23	Stik kantong bobok	0.44	1	7 x 60	0.44	954
24	Qc	0.75	1	7 x 60	0.75	560
25	Obras samping	0.87	1	7 x 60	0.87	483
26	Pasang tali	0.56	1	7 x 60	0.56	750
27	Inzim	0.90	1	7 x 60	0.9	467
28	Gambar wisban elastic	0.75	1	7 x 60	0.75	560
29	Lubang wisban	0.56	1	7 x 60	0.56	750
30	Pasang elastik atau tack	0.58	1	7 x 60	0.58	724
31	Pasang wisban	0.96	2	7 x 60	0.48	875
32	Tack wisban	0.61	1	7 x 60	0.61	688

33	Kansai	1.16	1	7 x 60	1.16	362
34	Tack wisban depan	0.61	1	7 x 60	0.61	688
35	Menutup wisban	0.74	1	7 x 60	0.74	567
36	Tack tali	0.63	1	7 x 60	0.63	666
37	Heming	1.09	2	7 x 60	0.54	770
38	bartex	1.27	2*	7 x 60	0.63	661
39	Qc	2.15	3	7 x 60	0.71	586
40	Botten lubang	0.74	1	7 x 60	0.74	568
41	Botten pasang	0.74	1	7 x 60	0.74	568
42	Triming	1.51	2	7 x 60	0.75	556
43	Qc	2.15	3	7 x 60	0.71	586
44	Ironing	1.54	2	7 x 60	0.77	545
45	Packing	3.96	5	7 x 60	0.79	530

Perhitungan kapasitas produksi untuk elemen kerja yang lain dilakukan dengan cara yang sama. Hasil perhitungan diperoleh pada tabel lampiran. Berdasarkan perhitungan, kapasitas produksi yang mengalami *bottle neck*, yaitu pada stasiun pres wisban dengan kapasitas produksi sebesar 494 unit/hari. Dengan target produksi sebesar 500 unit/hari bila dihitung tiap hari 7 jam x 60 menit 420 menit, maka waktu siklus (CT) adalah :

$$\begin{aligned}
 CT &= \frac{\sum TI}{p} \\
 &= \frac{420}{500} = 0.84 \text{ menit/unit}
 \end{aligned}$$

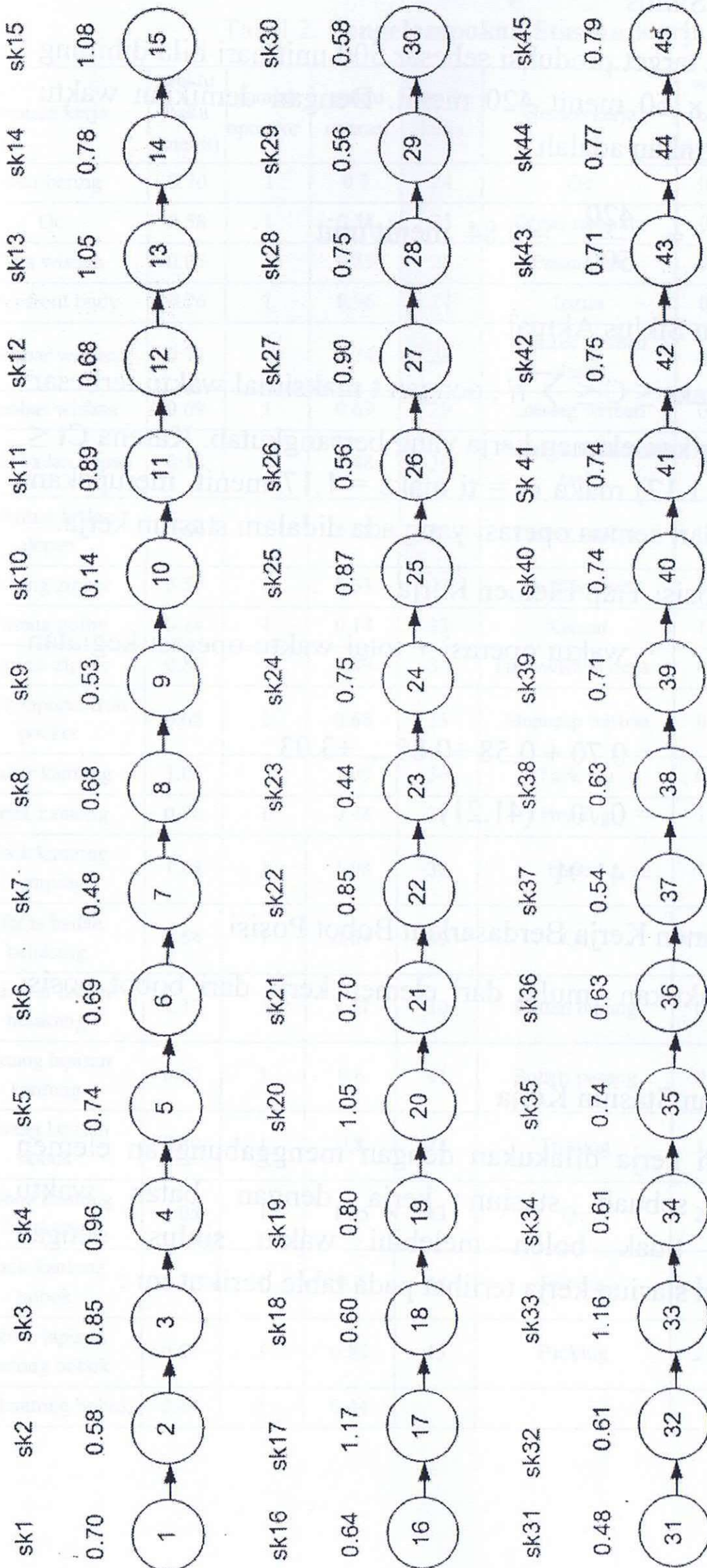
Berdasarkan waktu operasi diatas banyak terdapat waktu kritis dikarenakan waktu operasinya melebihi waktu siklus yang diinginkan sebesar 0.84, maka diperlukan penyeimbangan lintasan.

5. Penyeimbangan Lintasan

5.1. Penyeimbangan Lintasan Produksi dengan Metode *Ranked Positional Weight* (RPW)

- a. Langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

Membuat *Precedence Diagram*



W operasi

Keterangan :

Dimana w.operasi : waktu operasi

n

N : elemen kerja

Gambar 1. Precedence Pembuatan Celana Cutbary

b. Penentuan Waktu Siklus

Diketahui bahwa target produksi sebesar 500 unit/hari bila dihitung tiap hari 7 jam x 60 menit 420 menit. Dengan demikian waktu siklus yang diinginkan adalah :

$$CT = \frac{\sum TI}{p} = \frac{420}{500} = 0.84 \text{ menit/unit}$$

c. Penetapan Waktu Siklus Aktual

Berdasarkan $t \text{ maks} \leq C \leq \sum ti$, dengan t maksimal waktu terbesar untuk menyelesaikan elemen kerja yang bersangkutan. Karena $Ct \leq ti \text{ maks}$ ($0.84 \leq 1.17$) maka $ct = ti \text{ maks} = 1.17$ menit, merupakan waktu terbesar dari semua operasi yang ada didalam stasiun kerja.

d. Hitung Bobot Posisi Tiap Elemen Kerja

Bobot posisi = waktu operasi + total waktu operasi kegiatan selanjutnya.

$$= 0.70 + 0.58 + 0.85 \dots + 3.93$$

$$= 0.70 + (41.21)$$

$$= 41.91$$

e. Pengurutan Elemen Kerja Berdasarkan Bobot Posisi

Pengurutan dilakukan mulai dari elemen kerja dari bobot posisi terbesar.

f. Pengelompokkan Stasiun Kerja

Pengelompokkan kerja dilakukan dengan menggabungkan elemen kerja dalam sebuah stasiun kerja dengan batas waktu penggabungan tidak boleh melebihi waktu siklus, dengan pengelompokkan stasiun kerja terlihat pada table berikut ini :

Tabel 2. Pengelompokan Stasiun Kerja

stasiun kerja	elemen kerja	waktu baku (menit)	jumlah operator	waktu operasi	stasiun kerja	elemen kerja	waktu baku (menit)	jumlah operator	waktu operasi
1	Numbering	0.70	1	0.7	24	Qc	0.75	1	0.75
2	Qc	0.58	1	0.58	25	Obras samping	0.87	1	0.87
3	Pres wisban	0.85	1	0.85	26	Pasang tali	0.56	1	0.56
4	Pres front body	0.96	1	0.96	27	Inzim	0.90	1	0.9
5	Gambar wisban	0.74	1	0.74	28	Gambar wisban elastic	0.75	1	0.75
6	Rimbasi wisban	0.69	1	0.69	29	Lubang wisban	0.56	1	0.56
7	obras badan depan	0.48	1	0.48	30	Pasang elastik atau tack	0.58	1	0.58
8	Gambar badan depan	0.68	1	0.68	31	Pasang wisban	0.96	2	0.48
9	Pasang zipper	0.53	1	0.53	32	Tack wisban	0.61	1	0.61
10	Pasang golby	0.14	1	0.14	33	Kansai	1.16	1	1.16
11	Fariasi zipper	0.89	1	0.89	34	Tack wisban depan	0.61	1	0.61
12	Setik lapisan fron pocket	0.68	1	0.68	35	Menutup wisban	0.74	1	0.74
13	Lakar kantong	1.05	1	1.05	36	Tack tali	0.63	1	0.63
14	Setik kantong	0.78	1	0.78	37	Heming	1.09	2	0.54
15	Tack kantong samping	1.08	1	1.08	38	bartex	1.27	2	0.63
16	Obras badan belakang	0.64	1	0.64	39	Qc	2.15	3	0.71
17	Gambar badan belakang	1.17	1	1.17	40	Botten lubang	0.74	1	0.74
18	Pasang lapisan kantong	0.60	1	0.6	41	Botten pasang	0.74	1	0.74
19	Pisang lapisan bobok	0.80	1	0.8	42	Triming	1.51	2	0.75
20	Bobok kantong belakang	1.05	1	1.05	43	Qc	2.15	3	0.71
21	Tack kantong bobok	0.70	1	0.7	44	Ironing	1.54	2	0.77
22	Obras lapisan kantong bobok	0.85	1	0.85	45	Packing	3.96	5	0.79
23	Stik kantong bobok	0.44	1	0.44					

g. Menghitung efisiensi lintasan produksi baru

- Waktu menganggur ($IT = Idle\ time$)

$$\begin{aligned}IT &= n \cdot W_s - \sum_{i=1}^n W_i \\ &= 40 \cdot 1.17 - (32.66) \\ &= 46.8 - 32.66 = 14.14 \text{ menit}\end{aligned}$$

- Keseimbangan waktu senggang ($BD = balance\ delay$)

$$\begin{aligned}BD &= \left[\frac{n \cdot W_s - \sum_{i=1}^n W_i}{n \cdot W_s} \right] \times 100\% \\ &= \frac{14.14}{46.8} \times 100\% = 30.21\%\end{aligned}$$

- Efisiensi lintasan ($LE = Line\ efficiency$)

$$\begin{aligned}LE &= \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n \cdot W_s} \times 100\% \\ &= \frac{32.66}{46.8} \times 100\% = 69.78\%\end{aligned}$$

- Nilai efisiensi lintasan per masing-masing stasiun

$$\begin{aligned}LE &= \frac{w_i}{W_s} \times 100\% \\ &= \frac{0.70}{1.17} = 59.82\%\end{aligned}$$

Tabel efisiensi lintasan per masing – masing lintasan adalah :

Tabel 3. Nilai Efisiensi Lintasan Per Masing – Masing Stasiun

No	Stasiun	Nilai Efisiensi Stasiun Kerja (%)
1.	1	60%
2.	2	50%
3	3	73%
4	4	82%
5	5	63%
6	6	100%
7	7	58%
8	8	57%
9	9	76%
10	10	58%
11	11	90%
12	12	67%
13	13	92%
14	14	55%
15	15	100%
16	16	51%
17	17	68%
18	18	90%
19	19	60%
20	20	73%

No	Stasiun	Nilai Efisiensi Stasiun Kerja (%)
21	21	38%
22	22	64%
23	23	74%
24	24	48%
25	25	77%
26	26	64%
27	27	97%
28	28	93%
29	29	99%
30	30	52%
31	31	63%
32	32	100%
33	33	54%
34	34	61%
35	35	63%
36	36	63%
37	37	64%
38	38	61%
39	39	66%
40	40	68%
Efisiensi Lintasan		70 %

5.2. Penyeimbangan Lintasan Produksi dengan Metode *Killbridge and Wester's Heuristic (RA)*

Langkah-langkah yang harus dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Membuat *precedence diagram* (Gambar 1).
- b. Penentuan waktu siklus.

Diketahui bahwa target produksi sebesar 500 unit/hari bila dihitung tiap harinya adalah 7 jam x 60 menit 420 menit. Dengan demikian waktu siklus yang diinginkan adalah :

$$CT = \frac{\sum TI}{P}$$

$$= \frac{420}{500} = 0.84 \text{ menit/unit.}$$

- c. Penetapan waktu siklus aktual berdasarkan $t_{maks} \leq C \leq \sum ti$, dengan t maksimal waktu terbesar untuk menyelesaikan elemen kerja yang bersangkutan. Karena $Ct \leq ti_{maks}$ ($0.84 \leq 1.17$) maka $ct = ti_{maks} = 1.17$ menit, merupakan waktu terbesar dari semua operasi yang ada didalam stasiun kerja.
- d. Menggabungkan beberapa elemen kerja dalam daerah *precedence* paling kiri dalam berbagai cara dan mengambil hasil gabungan terbaik dengan waktu siklus yang terbesar, bila ada elemen kerja yang belum tergabung dan lebih kecil dari waktu siklus, maka digabungkan dengan elemen kerja di daerah *precedence* sebelah kanannya yang disesuaikan dengan urutan pekerjaan dan tetap memperhatikan pembatasan – batasan yang ada dapat dilihat pada lampiran.
- e. Langkah selanjutnya menghitung efisiensi lintasan produksi baru.

- Waktu menganggur ($IT = Idle\ time$)

$$IT = n \cdot Ws - \sum_{i=1}^n Wi$$

$$= 40 \cdot 1.17 - (32.66)$$

$$= 46.8 - 32.66 = 14.14 \text{ menit}$$

- Keseimbangan waktu senggang ($BD = balance\ delay$)

$$BD = \left[\frac{n \cdot Ws - \sum_{i=1}^n Wi}{n \cdot Ws} \right] \times 100\% = \frac{14.14}{46.8} \times 100\% = 30.21\%$$

- Efisiensi lintasan ($LE = \textit{Line efficiency}$)

$$LE = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n.W_s} \times 100\% = \frac{32.66}{46.8} \times 100\% = 69.78 \%$$

- Nilai efisiensi lintasan per masing-masing stasiun

$$LE = \frac{w_i}{W_s} \times 100\% = \frac{0.70}{1.17} = 59.82 \%$$

5.3. Penyeimbangan Lintasan Produksi dengan Metode *Largest Candidate Rule* (LCR)

Langkah-langkah yang harus dilaksanakan adalah sebagai berikut :

- Membuat *precedence diagram*.
- Penentuan waktu siklus.

Diketahui bahwa target produksi sebesar 500 unit/hari bila dihitung tiap hari adalah 7 jam x 60 menit 420 menit. Dengan demikian waktu siklus yang diinginkan yaitu :

$$CT = \frac{\sum TI}{p} = \frac{420}{500} = 0.84 \text{ menit/unit}$$

- Penetapan waktu siklus aktual. Berdasarkan $t_{\text{maks}} \leq C \leq \sum t_i$, dengan t maksimal waktu terbesar untuk menyelesaikan elemen kerja yang bersangkutan. Karena $Ct \leq t_i \text{ maks}$ ($0.84 \leq 1.17$) maka $ct = t_i \text{ maks} = 1.17$ menit, merupakan waktu terbesar dari semua operasi yang ada didalam stasiun kerja.
- Membuat daftar elemen kerja dengan urutan waktu operasi dari yang terbesar di atas, semakin ke bawah semakin kecil.
- Membuat matrik pendahulu dan matrik operasi pengikut untuk tiap operasi dalam jaringan kerja.
- Melakukan pembebanan pekerjaan pada stasiun kerja, yang dilakukan dari waktu operasi terbesar sampai waktu operai terkecil.
- Menempatkan beberapa elemen kerja pada stasiun pertama dan seterusnya, dengan memperhatikan urutan pengerjaannya dan jumlah waktu operasi pada elemen kerja tidak boleh lebih dari waktu siklus.

h. Langkah selanjutnya menghitung efisiensi lintasan produksi baru.

- Waktu menganggur ($IT = Idle\ time$)

$$\begin{aligned}IT &= n \cdot W_s - \sum_{i=1}^n W_i \\ &= 40 \cdot 1.17 - (32.66) \\ &= 46.8 - 32.66 = 14.14 \text{ menit}\end{aligned}$$

- Keseimbangan waktu senggang ($BD = balance\ delay$)

$$\begin{aligned}BD &= \left[\frac{n \cdot W_s - \sum_{i=1}^n W_i}{n \cdot W_s} \right] \times 100\% \\ &= \frac{14.14}{46.8} \times 100\% = 30.21\%\end{aligned}$$

- Efisiensi lintasan ($LE = Line\ efficiency$)

$$\begin{aligned}LE &= \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n \cdot W_s} \times 100\% = \frac{32.66}{46.8} \times 100\% = 69.78\%\end{aligned}$$

- Nilai efisiensi lintasan per masing – masing stasiun

$$\begin{aligned}LE &= \frac{w_i}{W_s} \times 100\% = \frac{0.70}{1.17} = 59.82\%\end{aligned}$$

6. Perhitungan Kapasitas Produksi setelah penyeimbangan

Penentuan kapasitas produksi dilakukan untuk mengetahui terjadinya kemacetan pada elemen-elemen kerja yang mengakibatkan penumpukan pekerjaan. Berikut adalah contoh perhitungan kapasitas produksi pada stasiun kerja Numbering sebagai berikut :

$$K_i = \frac{M_i \times E}{J_i} = \frac{1 \times 420 \text{ menit/hari}}{0.70 \text{ menit/unit}} = 600 \text{ unit/hari}$$

ANALISA

Analisa waktu siklus sebelum dan sesudah perbaikan

Dilihat dari waktu operasi kerja table 2 banyak terdapat lintasan kerja yang kritis yaitu pada stasiun kerja ke 3 , dengan waktu operasi 0.85, stasiun kerja ke 4 dengan waktu operasi 0.96, stasiun kerja ke 11, dengan waktu operasi 0.89, stasiun kerja ke 13 dengan waktu operasi 1.05, stasiun kerja ke 15 dengan waktu operasi 1.08, stasiun kerja ke 17 dengan waktu operasi 1.17, stasiun kerja ke 20 dengan waktu operasi 1.05, stasiun kerja ke 22, dengan waktu operasi 0.85, stasiun kerja ke 25, dengan waktu operasi 0.87, stasiun kerja ke 27, dengan waktu operasi 0.90, stasiun kerja ke 33, dengan waktu operasi 1.16 dikarenakan waktu operasinya melebihi waktu siklus yang diinginkan sebesar 0.84. maka diperlukan penyeimbangan lintasan . Langkah awal yang diperlukan dalam penyeimbangan lintasan menentukan waktu siklus aktual yang diperoleh dari siklus terpanjang yaitu 1.17 dikarenakan waktu siklus terpanjang lebih besar waktu siklus yang diinginkan 0.84 sehingga ditetapkanlah waktu siklus terpanjang yaitu 1.17 sebagai waktu siklus. Setelah dilakukan penyeimbangan lintasan produksi waktu siklus stasiun kerja awal sebesar 1.17 setelah perbaikan 1.17 jadi dari perbaikan ini masih belum dapat memperpendek waktu siklus.

Analisa perbaikan Stasiun kerja

Dari penyeimbangan lintasan menggunakan metode heuristic metode *Hegelson-Birnie (Ranked Positional Weight)*, metode *Killbridge and Wester's Heuristic (Region Approach)* dan metode *Largest Candidate Rule (LCR)*.

Hasil yang diperoleh yaitu terjadi pengurangan jumlah stasiun dari 45 stasiun menjadi 40 stasiun. berarti dengan tetap memperhatikan waktu siklus dan urutan pengerjaannya. apabila stasiun kerja tersebut diterapkan maka secara kualitas akan lebih baik dibanding stasiun kerja yang saat ini.

Analisa keseimbangan kapasitas produksi sebelum dan sesudah perbaikan

Dilihat dari rekapitulasi keseimbangan kapasitas produksi sebelum dan sesudah perbaikan pada tabel 3 sudah terjadi banyak perubahan menjadi lebih baik dari jumlah stasiun kerja yang mengalami *bottol neck* sebelum perbaikan sebanyak 23 stasiun dengan jumlah *bottle neck* sebesar 5824 unit setelah perbaikan jumlah stasiun kerja yang mengalami *bottol*

neck sebanyak 21 stasiun dengan jumlah *bottle neck* sebesar 3781. Dari segi kapasitas produksinya berarti dapat dikatakan keseimbangan sudah semakin baik jika dibandingkan kapasitas awal dengan penurunan jumlah stasiun kerja yang mengalami *bottle neck* sebanyak 2 stasiun dan juga jumlah *bottle neck*nya sebanyak 2043 unit.

Analisis keseimbangan lintasan produksi sebelum dan sesudah perbaikan.

Analisis keseimbangan lintasan dilakukan dengan tiga metode yaitu dengan metode *Hegelson-Birnie (Ranked Positional Weight)*, metode *Killbridge and Wester's Heuristic (Region Approach)* dan metode *Largest Candidate Rule (LCR)*.

1. Adapun analisa keseimbangan lintasan produksi produk celana jubray dengan metode *Hegelson-Birnie (Ranked Positional Weight)* adalah :

Analisa untuk *idle time*, *balance delay* dan efisiensi lintasan menunjukkan bahwa dari hasil pengolahan data dengan menggunakan metode *Hegelson-Birnie (Ranked Positional Weight)*, terdapat pengurangan *idle time* yang awal *idle time* 23.48 menit menjadi 16.98 menit, *balance delay* dari 38.65% menjadi 31.44% demikian pula dengan efisiensi lintasan dari 61.34% menjadi 68.55%.

2. Adapun analisa keseimbangan lintasan produksi produk celana jubray dengan metode *Killbridge and Wester's Heuristic (Region Approach)*

Analisa untuk *idle time*, *balance delay* dan efisiensi lintasan menunjukkan bahwa dari hasil pengolahan data dengan menggunakan metode *Killbridge and Wester's Heuristic (Region Approach)* terdapat pengurangan *idle time* yang awal *idle time* 23.48 menit menjadi 16.98 menit, *balance delay* dari 38.65% menjadi 31.44% demikian pula dengan efisiensi lintasan dari 61.34% menjadi 68.55%.

3. Adapun analisa keseimbangan lintasan produksi produk celana jubray dengan metode metode *Largest Candidate Rule (LCR)*.

Analisa untuk *idle time*, *balance delay* dan efisiensi lintasan menunjukkan bahwa dari hasil pengolahan data dengan menggunakan metode *Largest Candidate Rule (LCR)*. terdapat pengurangan *idle time* yang awal *idle time* 23.48 menit menjadi 16.98 menit, *balance delay* dari 38.65% menjadi 31.44% demikian pula dengan efisiensi lintasan dari 61.34% menjadi 68.55%.

KESIMPULAN

1. Dari penyeimbangan waktu siklus yang dilakukan, diperoleh waktu siklus sebesar 1.17. Setelah dilakukan penyeimbangan lintasan produksi waktu siklus stasin kerja awal sebesar 1.17 setelah perbaikan 1.17 jadi dari perbaikan ini masih belum dapat memperpendek waktu siklus.
2. Perbaikan penyeimbangan lintasan produksi menggunakan metode (RPW, RA, LCR) menunjukkan terjadinya pengurangan stasiun kerja dari 45 stasiun menjadi 40 stasiun.
3. Dari penyeimbangan kapasitas produksi terdapat jumlah stasiun kerja yang mengalami *bottle neck* sebelum perbaikan sebanyak 23 stasiun dengan jumlah *bottle neck* sebesar 5831 unit setelah perbaikan jumlah stasiun kerja yang mengalami *bottle neck* sebanyak 21 stasiun dengan jumlah *bottle neck* sebesar 3781. Menunjukkan penurunan jumlah stasiun kerja yang mengalami *bottle neck* sebanyak 2 stasiun dan juga jumlah *bottle neck*nya sebanyak 2050 unit.
4. Perbaikan penyeimbangan lintasan produksi menggunakan metode (RPW, RA, LCR) menunjukkan terjadinya pengurangan *idle time* yang awal *idle time* 23.48 menit menjadi 16.98 menit, *balance delay* dari 38.65% menjadi 31.44% demikian pula dengan efisiensi lintasan dari 61.34% menjadi 68.55%.

DAFTAR PUSTAKA

- Apple, James M., 1990, *Tata letak pabrik dan pemindahan bahan*, edisi ketiga, terjemahan MT. Merdiono, penerbit ITB, Bandung.
- Asyari, Agus, 1997, *Pengendalian Produksi*, BPFE, Yogyakarta.
- Barnes, R.M, 1996, *Motion, Time Study and Measurement of Work*, Edisi 7 John Wiley and Sons, Inc., New York, Amerika Serikat.
- Djarwanto, 1996, *Statistik Induktif*, Edisi 4, BPFE, Yogyakarta.
- Groover.mikell, 1987, *Automation, production systems, and computer integrated manufacturing*, prentice- hall international, inc, Amerika Serikat.
- Radiq, 1998, *Manajemen Sumber Daya Manusia*, IPWI, Jakarta.
- Sutalaksana, I.Z, 1979; *Teknik Tata Cara Kerja dan Ergonomi*. Lab. Tata Cara Kerja dan Ergonomi Dept. Teknik Industri-ITB, Bandung.
- Widi Rahmanto, Kuntoro, 2004, *penyeimbangan lintasan produksi melalui penentuan jumlah stasiun kerja di CV. Omega surakarta*, Jurusan teknik industri fakultas teknik universitas muhammadiyah, Surakarta.
- Wignjosebroto, Sritomo, 1995; *Ergonomi, Study Gerak dan Waktu*, Guna Widya, Jakarta.