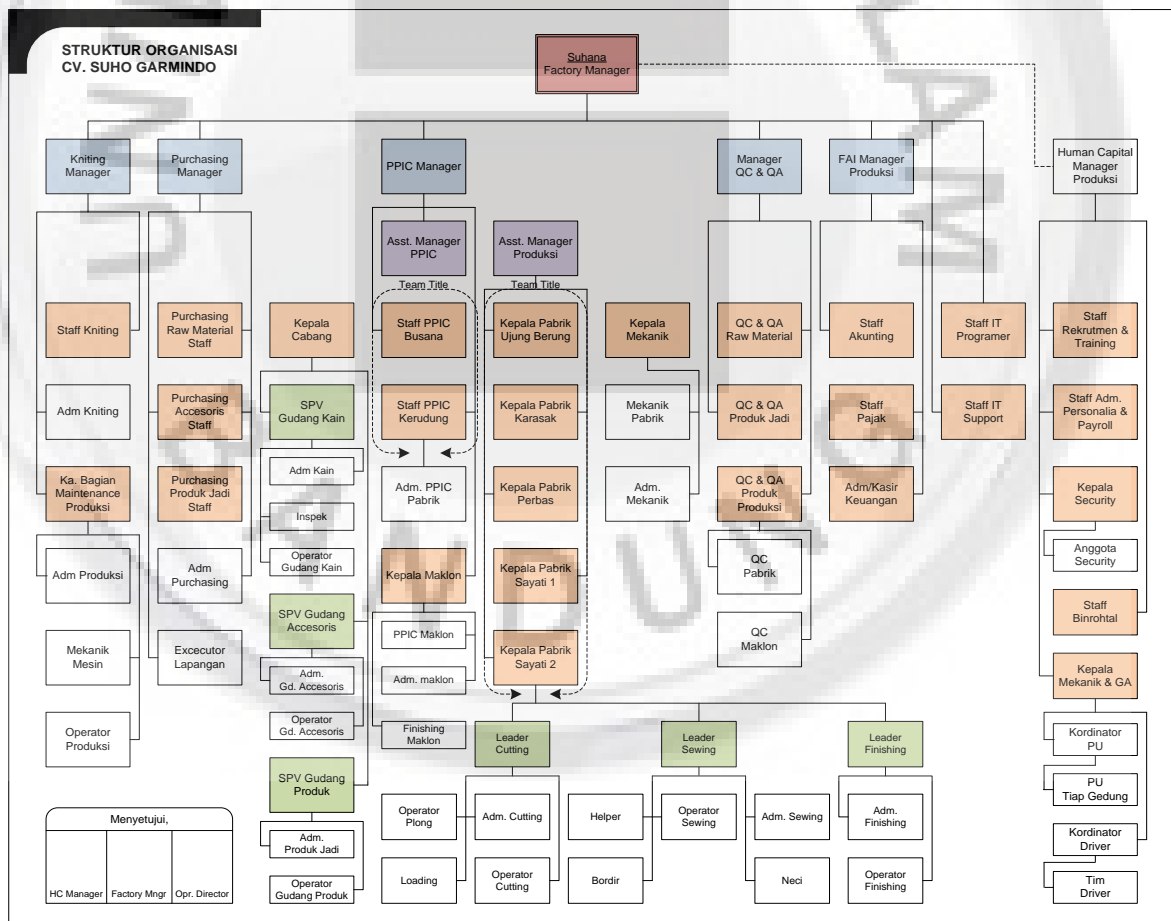


BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Gambaran Umum CV Suho Garmino

CV Suho Garmino merupakan perusahaan garmen yang memproduksi kerudung dan busana muslim yang dijual dengan merk Rabbani. Perusahaan ini memiliki lima pabrik yang berlokasi di Ujung Berung sebagai pusat, Karasak, Perbas, Sayati 1, dan Sayati 2. Dalam struktur kepemilikannya, perusahaan ini bersama dengan *retail* Rabbani dan *Knitting* berada di bawah *Holding Company*. Produk utama dari perusahaan ini adalah kerudung instan, kemeja koko, peci, dresslim, baju anak, mukena, dan sarung. Struktur organisasi pada CV Suho Garmino ditunjukkan pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Struktur organisasi CV Suho Garmino

Sumber: CV Suho Garmino

4.1.2 Sistem Produksi

CV Suho Garmino menerapkan sistem produksi *First Come First Serve* (FCFS) dengan sistem penjahitan secara keseluruhan (*make through*). Penjahitan dengan sistem ini dilakukan dengan dua cara, yaitu:

- Seorang penjahit melakukan penjahitan pada sepotong pakaian dari awal sampai akhir, dan bila perlu pindah ke mesin jahit lain untuk mengerjakan jahitan khusus.
- Untuk jahitan-jahitan tertentu dikerjakan oleh penjahit khusus, misalnya pasang kancing, lubang kancing, obras, dan *bartack* atau *stress*.

Bagian yang diamati adalah bagian produksi *sample*. *Sample* merupakan contoh produk yang dibuat oleh desainer perusahaan. Adapun urutan prosedur pembuatan *sample* adalah sebagai berikut:

- *Marking*
Tahap pertama dalam proses produksi *sample* adalah pembuatan *mark*. *Mark* adalah kertas panjang yang di dalamnya terdapat pola-pola yang disusun sedemikian rupa sehingga didapat penggunaan bahan sehemat mungkin. *Mark* masih dibuat secara manual menggunakan karton dan bantuan alat tulis. Setelah pembuatan *mark*, maka tahap berikutnya adalah pembentangan kain (*spreading*). Kain bahan baku diangkat dan diletakkan di atas penyangga yang ada pada meja dan siap digelar. Di atas meja tersebut dihamparkan kertas yang panjang dan lebarnya sesuai dengan panjang-lebar *mark*. Kain kemudian diratakan dan di atasnya diletakkan *mark*.
- *Cutting*
Setelah *mark* diletakkan di atas kain yang digelar maka kain siap dipotong. Proses pemotongan kain dilakukan secara manual yaitu dengan menggunakan gunting kain. Pada pemotongan pertama, yang dilakukan adalah pemotongan komponen-komponen besar dan juga komponen kecil yang masih berkelompok.

- *Sewing*
Setelah melalui proses *cutting*, dalam setiap potongan kain sudah terdapat penanda/nomor sambungan antara bagian potongan yang satu dengan potongan yang lain. Kain tersebut diberikan ke bagian *sewing* untuk dijahit sesuai dengan penandanya. Kegiatan lain pada bagian *sewing* selain menjahit adalah obras, pemasangan *zipper*, dan pemasangan label karena kegiatan-kegiatan tersebut dilakukan sebagai satu kesatuan menggunakan mesin.
- *Finishing*
Pada bagian ini, produk yang telah selesai dijahit akan diberikan aksesoris bergantung pada jenis aksesoris yang dibutuhkan oleh tiap-tiap produk seperti kancing, payet, pemberian logo border. Kegiatan *finishing* dilakukan secara manual. Selain itu, pada bagian *finishing* dilakukan penyetricaan terhadap pakaian jadi menggunakan setrika uap.

Apabila produk *sample* telah selesai melalui tahap-tahap tersebut di atas, produk *sample* akan diberikan kepada *merchandiser*. Jika *sample* ditolak oleh *merchandiser*, maka *sample* akan dikembalikan ke bagian pembuatan *sample* untuk diperbaiki atau dibuat ulang sesuai dengan mutu *sample* yang dikehendaki. Jika *sample* diterima oleh *merchandiser*, maka *sample* tersebut akan dikirim oleh *merchandiser* ke bagian produksi untuk diproduksi secara massal.

Produk *sample* diproduksi untuk memenuhi permintaan selama tiga bulan. Karena setiap tiga bulan, perusahaan melakukan inovasi terhadap desain-desain produknya sehingga produksi selalu mengalami perubahan dalam jangka waktu tiga bulan. Permintaan (*demand*) yang ditentukan oleh perusahaan didapatkan berdasarkan intuisi. Untuk memproduksi produk-produknya, perusahaan melakukan penjadwalan menggunakan metode *First Come First Serve* (FCFS).

4.1.3 Hari Kerja

CV Suho Garmino Bandung beroperasi setiap hari senin sampai dengan sabtu dengan jam kerja sebagai berikut:

Hari : Senin-Jum'at

Waktu : 08.00-16.00, istirahat 12.00-13.00

Hari : Sabtu

Waktu : 08.00-12.00

Diasumsikan bahwa satu bulan terdiri dari 24 hari kerja efektif. Tidak ada ketentuan jam lembur pada CV Suho Garmino. Perusahaan garmen ini menerapkan jam lembur (*over time*) ketika mendekati *due date* produksi.

4.1.4 Demand

Produk yang diproduksi oleh CV Suho Garmino Bandung adalah tiga produk terbaru yang dikeluarkan, yaitu dresslim, kemeja koko, dan kerudung. Demand didapatkan dengan menggunakan metode peramalan kualitatif karena data historis tidak tersedia. Adapun *demand* untuk masing-masing produk untuk tiga periode (bulan Mei-bulan Juli 2014) dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Demand* untuk ketiga produk yang diamati

| Periode | Dresslim | Kemeja Koko | Kerudung |
|--------------|----------|-------------|----------|
| 1 | 85 | 50 | 155 |
| 2 | 80 | 60 | 145 |
| 3 | 100 | 75 | 180 |
| Total | 265 | 185 | 480 |

4.1.5 Waktu Proses

Proses produksi setiap produk adalah sama, yaitu dengan melalui *marking*, *cutting*, *sewing*, dan *finishing*. Masing-masing waktu proses pada pembuatan setiap produk dapat dilihat pada tabel 4.2 sampai tabel 4.4.

Tabel 4.2 Waktu proses produksi dresslim (menit)

| Pengamatan Ke- | Marking | Cutting | Sewing | Finishing |
|----------------|---------|---------|--------|-----------|
| 1 | 26,42 | 20,60 | 56,13 | 31,23 |
| 2 | 26,08 | 21,67 | 58,20 | 31,50 |
| 3 | 27,53 | 21,88 | 58,88 | 31,73 |
| 4 | 27,83 | 22,08 | 59,30 | 31,15 |
| 5 | 28,30 | 22,42 | 59,97 | 31,88 |
| 6 | 28,35 | 21,90 | 58,73 | 32,05 |
| 7 | 27,91 | 22,20 | 58,90 | 31,88 |
| 8 | 28,20 | 22,35 | 59,62 | 31,60 |
| 9 | 28,27 | 21,75 | 59,50 | 32,18 |
| 10 | 27,99 | 21,80 | 57,29 | 32,20 |

Tabel 4.3 Waktu proses produksi kemeja koko (menit)

| Pengamatan Ke- | Marking | Cutting | Sewing | Finishing |
|----------------|---------|---------|--------|-----------|
| 1 | 8,67 | 7,37 | 40,63 | 5,93 |
| 2 | 7,62 | 7,85 | 41,33 | 6,08 |
| 3 | 7,93 | 8,17 | 42,42 | 5,83 |
| 4 | 8,68 | 7,10 | 41,95 | 5,83 |
| 5 | 8,75 | 7,25 | 42,42 | 5,90 |
| 6 | 8,11 | 8,20 | 42,10 | 6,10 |
| 7 | 7,80 | 8,03 | 40,85 | 6,05 |

Tabel 4.4 Waktu proses produksi kerudung (menit)

| Pengamatan Ke- | Marking | Cutting | Sewing | Finishing |
|----------------|---------|---------|--------|-----------|
| 1 | 9,18 | 9,15 | 13,28 | 1,40 |
| 2 | 9,30 | 11,23 | 13,53 | 1,50 |
| 3 | 9,68 | 10,40 | 14,03 | 1,53 |
| 4 | 10,11 | 10,17 | 13,78 | 1,58 |
| 5 | 10,05 | 10,43 | 13,75 | 1,57 |
| 6 | 8,92 | 9,47 | 14,50 | 1,70 |
| 7 | 10,44 | 9,52 | 14,91 | 1,58 |
| 8 | 9,31 | 10,13 | 13,75 | 1,41 |
| 9 | 8,80 | 11,40 | 15,01 | 1,39 |
| 10 | 9,44 | 9,70 | 13,02 | 1,75 |
| 11 | 9,12 | 9,81 | 13,77 | 1,63 |
| 12 | 9,05 | 10,21 | 12,90 | 1,59 |
| 13 | 10,20 | 10,04 | 14,32 | 1,40 |

Lanjutan Tabel 4.4 Waktu proses produksi kerudung (menit)

| Pengamatan Ke- | Marking | Cutting | Sewing | Finishing |
|----------------|---------|---------|--------|-----------|
| 14 | 9,11 | 9,77 | 14,25 | 1,44 |
| 15 | 9,23 | 9,80 | 14,80 | 1,32 |
| 16 | 9,22 | 10,11 | 14,60 | 1,49 |
| 17 | 9,00 | 10,00 | 14,20 | 1,53 |
| 18 | 10,53 | 10,54 | 13,79 | 1,72 |
| 19 | 8,92 | 10,42 | 14,04 | 1,79 |
| 20 | 10,25 | 8,50 | 14,59 | 1,27 |

4.1.6 Faktor Penyesuaian dan Faktor Kelonggaran

Faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran ditentukan pada saat mengamati kinerja operator pada setiap stasiun kerja. Faktor penyesuaian digunakan untuk menghitung waktu normal sedangkan faktor kelonggaran digunakan untuk menghitung waktu baku. Kedua faktor tersebut dapat dilihat pada tabel 4.5 dan tabel 4.6.

Tabel 4.5 Faktor penyesuaian pada operator

| No | SK | Keterampilan | | Usaha | | Kondisi Kerja | | Konsistensi | |
|----|-----------|--------------|------|-------|------|---------------|------|-------------|------|
| | | L | P | L | P | L | P | L | P |
| 1 | Marking | C1 | 0,06 | C2 | 0,02 | D | 0 | C | 0,01 |
| 2 | Cutting | D | 0 | D | 0 | D | 0 | D | 0 |
| 3 | Sewing | D | 0 | C2 | 0,02 | D | 0 | D | 0 |
| 4 | Finishing | C1 | 0,06 | D | 0 | C | 0,02 | C | 0,01 |

Tabel 4.6 Faktor kelonggaran pada operator

| No | Faktor | Marking (%) | Cutting (%) | Sewing (%) | Finishing (%) |
|-------|----------------|-------------|-------------|------------|---------------|
| 1 | Tenaga | 6 | 6 | 2 | 6 |
| 2 | Sikap Kerja | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | Gerakan Kerja | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 4 | Kelelahan Mata | 6 | 6 | 12 | 8 |
| 5 | Suhu | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 6 | Atmosfer | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | Lingkungan | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | 18 | 18 | 20 | 20 |

4.1.7 Harga *Raw Material* dan Harga Jual

Adapun harga *raw material* yang digunakan dalam pembuatan masing-masing produk beserta harganya dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7 Harga *raw material* dan harga jual

| Jenis Produk | Nama Bahan | Kebutuhan Bahan | Harga Bahan | Harga Jual |
|--------------|------------------------|-----------------|-------------|------------|
| Dresslim | Kain PE 20s Combed 20s | 0,42 kg | 100000/kg | 309500 |
| | Vinex | 1,93 kg | 90000/kg | |
| | Benang | 2 cone | 6000/cone | |
| | Kancing | 4 pcs | 800/pc | |
| | Zipper | 1 pc | 4000/pc | |
| | Label | 1 pc | 500/pc | |
| | Payet | 2 pack | 15000/pack | |
| Kemeja Koko | Kain Songket | 0,79 | 200000/kg | 199900 |
| | Benang | 1 | 6000/cone | |
| | Kancing | 8 | 800/pc | |
| | Label | 1 | 500/pc | |
| Kerudung | Kain PE 20s | 0,35 | 100000/kg | 54500 |
| | Benang | 1 | 6000/cone | |
| | Kancing | 1 | 800/pc | |
| | Label | 1 | 500/pc | |

4.2 Pengolahan Data

Pengolahan data yang dilakukan sesuai dengan empat dari lima langkah penerapan TOC, yaitu identifikasi *constraint*, eksploitasi *constraint*, subordinasi sumber lainnya, dan elevasi *constraint*.

4.2.1 Identifikasi *Constraint*

Identifikasi *constraint* dimaksudkan untuk mengetahui letak sumber *constraint* dan penyebabnya. Langkah yang dilakukan dalam identifikasi *constraint* adalah menghitung waktu baku, menghitung beban kerja dan kapasitas yang dibutuhkan, dan penentuan stasiun *bottleneck*.

4.2.1.1 Perhitungan Waktu Baku

Sebelum melakukan perhitungan waktu baku, langkah yang harus dilakukan adalah menguji keseragaman dan kecukupan data waktu proses yang telah diamati. Uji keseragaman dan kecukupan data dilakukan untuk mengetahui fluktuasi setiap waktu proses yang diperoleh melalui pengukuran waktu jam henti terhadap semua stasiun kerja pada setiap produk yang diteliti. Data untuk waktu proses *marking* pada dresslim dapat dilihat pada tabel 4.8.

Tabel 4.8 Waktu proses *marking* dresslim

| Pegamatan Ke- | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Marking | 26,42 | 26,08 | 27,53 | 27,83 | 28,30 | 28,35 | 27,91 | 28,20 | 28,27 | 27,99 |

Adapun langkah-langkah dalam uji keseragaman dan kecukupan data adalah sebagai berikut:

1. Menghitung rata-rata waktu operasi dan standar deviasi

$$\sum X = 276,88 \text{ menit}$$

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

$$\bar{X} = \frac{276,88}{10} = 27,69 \text{ menit}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_j - \bar{X})^2}{n-1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(26,42-27,69)^2 + (26,08-27,69)^2 + (27,53-27,69)^2 + (27,83-27,69)^2 + (28,30-27,69)^2 + (28,35-27,69)^2 + (27,91-27,69)^2 + (28,20-27,69)^2 + (28,27-27,69)^2 + (27,99-27,69)^2}{10-1}} = 0,80$$

2. Uji keseragaman data

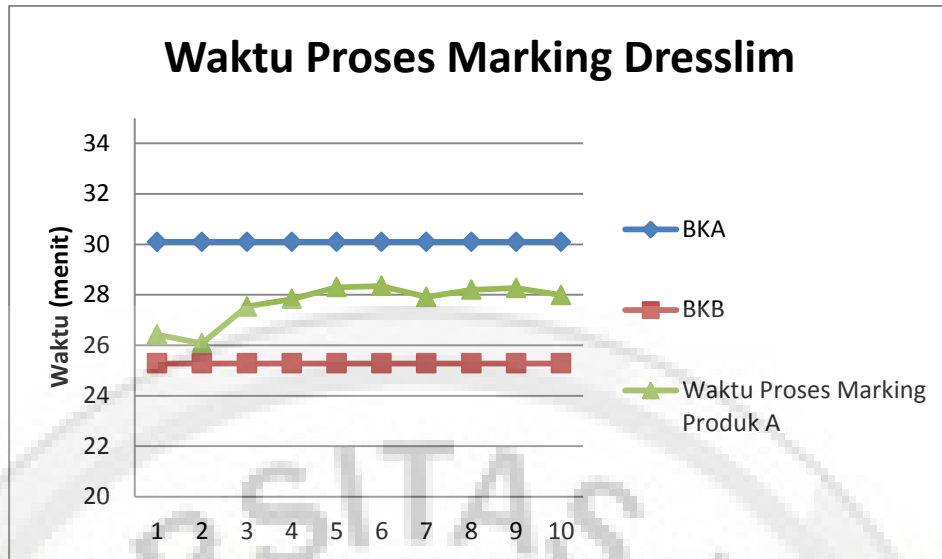
$$BKA = \bar{X} + 3\sigma$$

$$BKA = 27,69 + 3(0,80) = 30,09$$

$$BKB = \bar{X} - 3\sigma$$

$$BKB = 27,69 - 3(0,80) = 25,28$$

Bedasarkan nilai batas kelas atas (BKA) dan batas kelas bawah (BKB) yang telah dihitung, maka dapat dibuat grafik uji keseragaman data seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Uji keseragaman data waktu proses *marking* dresslim

Dari gambar 4.2 dapat diketahui bahwa dari kesepuluh data yang telah diambil tidak terdapat data ekstrim atau data yang *out of control*. Maka kesepuluh data tersebut dapat diolah ke langkah selanjutnya yaitu uji kecukupan data.

3. Uji kecukupan data

$$N' = \left(\frac{40 \sqrt{N \cdot \sum X_j^2 - (\sum X_j)^2}}{\sum X_j} \right)^2 = \left(\frac{40 \sqrt{10(7672,05) - (276,88)^2}}{276,88} \right)^2 = 1,21$$

Dari uji kecukupan data dapat dilihat bahwa nilai N' yaitu sebesar 1,21. Data dikatakan cukup apabila $N > N'$. N adalah jumlah pengamatan. Jumlah pengamatan yang telah dilakukan yaitu 10. Maka $10 > 1,21$, sehingga data pengamatan telah mencukupi dan dapat mewakili sampel.

Rekapitulasi dari uji keseragaman dan kecukupan data yang dilakukan pada setiap waktu proses yang ditampilkan pada tabel 4.2 sampai dengan 4.4 dalam pembuatan produk dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Rekapitulasi uji keseragaman dan kecukupan data

| Jenis Produk | Stasiun Kerja | N | $\sum X_j$ | \bar{X} | σ | BKA | BKB | N' | Seragam (BKB < \bar{X} < BKA) | Cukup (N' < N) |
|--------------|---------------|----|------------|-----------|----------|-------|-------|-------|---------------------------------|----------------|
| Dresslim | Marking | 10 | 276,88 | 27,69 | 0,80 | 30,09 | 25,28 | 1,21 | Seragam | Cukup |
| | Cutting | 10 | 218,65 | 21,87 | 0,51 | 23,40 | 20,33 | 0,79 | Seragam | Cukup |
| | Sewing | 10 | 586,52 | 58,65 | 1,17 | 62,17 | 55,14 | 0,57 | Seragam | Cukup |
| | Finishing | 10 | 317,40 | 31,74 | 0,37 | 32,85 | 30,63 | 0,19 | Seragam | Cukup |
| Kemeja Koko | Marking | 7 | 57,56 | 8,22 | 0,47 | 9,63 | 6,81 | 4,49 | Seragam | Cukup |
| | Cutting | 7 | 53,97 | 7,71 | 0,46 | 9,09 | 6,33 | 4,89 | Seragam | Cukup |
| | Sewing | 7 | 291,70 | 41,67 | 0,74 | 43,88 | 39,46 | 0,43 | Seragam | Cukup |
| | Finishing | 7 | 41,72 | 5,96 | 0,12 | 6,31 | 5,61 | 0,52 | Seragam | Cukup |
| Kerudung | Marking | 20 | 189,86 | 9,49 | 0,56 | 11,17 | 7,81 | 5,28 | Seragam | Cukup |
| | Cutting | 20 | 200,80 | 10,04 | 0,65 | 11,99 | 8,09 | 6,40 | Seragam | Cukup |
| | Sewing | 20 | 280,82 | 14,04 | 0,60 | 15,84 | 12,25 | 2,76 | Seragam | Cukup |
| | Finishing | 20 | 30,59 | 1,53 | 0,14 | 1,96 | 1,10 | 13,38 | Seragam | Cukup |

Dari tabel 4.9, dapat dilihat bahwa dari semua waktu proses yang diambil, tidak terdapat data yang ekstrim atau *out of control*. Data-data tersebut juga telah memenuhi kecukupan dan mewakili sampel sehingga data-data tersebut dapat digunakan dalam perhitungan waktu baku.

Waktu baku merupakan waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh pekerja normal dalam kondisi yang wajar dan kemampuan yang rata-rata. Untuk menghitung waktu baku diperlukan beberapa tahap, yaitu menghitung waktu siklus dan menghitung waktu normal terlebih dahulu.

Waktu siklus untuk stasiun kerja *marking* pada pembuatan dresslim adalah:

$$WS = \frac{\sum X}{n} = \frac{276,88}{10} = 27,69 \text{ menit}$$

Waktu normal untuk stasiun kerja *marking* pada pembuatan dresslim adalah:

$$WN = WS \times P = 27,69 \times 1,09 = 30,18 \text{ menit}$$

Waktu baku untuk stasiun kerja *marking* pada pembuatan dresslim adalah:

$$WB = WN + L(WN) = 30,18 + 0,18(30,18) = 35,61 \text{ menit}$$

Rekapitulasi untuk hasil perhitungan waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku untuk setiap proses pada pembuatan masing-masing produk dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku

| Produk | Stasiun Kerja | WS | P | WN | L | WB |
|-------------|---------------|-------|------|-------|------|-------|
| Dresslim | Marking | 27,69 | 1,09 | 30,18 | 0,18 | 35,61 |
| | Cutting | 21,87 | 1,00 | 21,87 | 0,18 | 25,80 |
| | Sewing | 58,65 | 1,02 | 59,83 | 0,20 | 71,79 |
| | Finishing | 31,74 | 1,09 | 34,60 | 0,20 | 41,52 |
| Kemeja Koko | Marking | 8,22 | 1,09 | 8,96 | 0,18 | 10,58 |
| | Cutting | 7,71 | 1,00 | 7,71 | 0,18 | 9,10 |
| | Sewing | 41,67 | 1,02 | 42,50 | 0,20 | 51,01 |
| | Finishing | 5,96 | 1,09 | 6,50 | 0,20 | 7,80 |
| Kerudung | Marking | 9,49 | 1,09 | 10,35 | 0,18 | 12,21 |
| | Cutting | 10,04 | 1,00 | 10,04 | 0,18 | 11,85 |
| | Sewing | 14,04 | 1,02 | 14,32 | 0,20 | 17,19 |
| | Finishing | 1,53 | 1,09 | 1,67 | 0,20 | 2,00 |

4.2.1.2 Perhitungan Beban Kerja dan Kapasitas yang Dibutuhkan

Dalam upaya untuk memenuhi jumlah *demand* selama tiga bulan, perusahaan harus mengetahui jumlah kapasitas yang dibutuhkan dalam satuan menit. Kapasitas yang dibutuhkan dapat diketahui dengan menghitung beban kerja pada masing-masing stasiun kerja dalam setiap produk dengan cara mengalikan waktu baku dengan *demand* yang harus dipenuhi.

$$\text{Beban kerja} = \text{waktu baku} \times \text{demand} \dots\dots\dots(4.1)$$

Perhitungan beban kerja stasiun kerja *marking* pada setiap produk adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Beban kerja } \textit{marking} \text{ dresslim} &= 35,61 \times 265 = 9437,26 \text{ menit} \\ \text{Beban kerja } \textit{marking} \text{ kemeja koko} &= 10,58 \times 185 = 1956,60 \text{ menit} \\ \text{Beban kerja } \textit{marking} \text{ kerudung} &= 12,21 \times 480 = 5860,75 \text{ menit} \\ \text{Total beban kerja } \textit{marking} &= 17254,62 \text{ menit} \end{aligned}$$

Rekapitulasi dari beban kerja dan kapasitas yang dibutuhkan oleh setiap stasiun kerja dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4.11 Kapasitas yang dibutuhkan

| Stasiun Kerja | Beban Kerja Dresslim | Beban Kerja Kemeja Koko | Beban Kerja Kerudung | Kapasitas yang dibutuhkan |
|---------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|
| Marking | 9437,26 | 1956,60 | 5860,75 | 17254,62 |
| Cutting | 6837,19 | 1683,09 | 5686,66 | 14206,93 |
| Sewing | 19024,36 | 9436,08 | 8249,37 | 36709,81 |
| Finishing | 11001,72 | 1442,20 | 960,28 | 13404,20 |

Dari tabel 4.11 dapat dilihat bahwa kapasitas yang paling banyak dibutuhkan adalah pada stasiun kerja *sewing* yang jumlahnya lebih besar 2 kali lipat dari stasiun kerja lainnya.

4.2.1.3 Penentuan Stasiun *Bottleneck*

Apabila operator memiliki kecepatan kerja yang tidak konsisten dan jumlah mesin yang digunakan terbatas, maka produk yang dihasilkan setiap waktunya akan terbatas dan tidak konsisten pula. Kemungkinannya, perusahaan tidak dapat memenuhi *demand*. Sehingga kedua hal tersebut merupakan sumber *bottleneck* bagi perusahaan. Setiap sumber *bottleneck* merupakan sumber *constraint* karena termasuk penghambat perusahaan mencapai tujuan utamanya yaitu menghasilkan *throughput* optimal. *Bottleneck* pada stasiun kerja dapat diidentifikasi dengan mengetahui beban yang dialami masing-masing stasiun kerja dalam bertukar persentase. Beban dihitung dengan cara sebagai berikut:

$$\text{Beban} = \frac{\text{Kebutuhan kapasitas}}{\text{Kapasitas tersedia}} \times 100\% \dots\dots\dots(4.2)$$

Kapasitas tersedia dapat diketahui dari data hari kerja yang dikonversi ke dalam satuan menit untuk memenuhi *demand*.

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas yang tersedia dalam tiga bulan} &= (3 \times 4 \times 5 \times 7 \times 60) + (3 \times 4 \times 1 \times 4 \times 60) \\ &= 28.080 \text{ menit} \end{aligned}$$

Beban stasiun kerja *marking* yaitu:

$$\text{Beban stasiun kerja marking} = \frac{17254,62}{28080,00} \times 100\% = 61,45\%$$

Rekapitulasi beban kerja dari setiap stasiun kerja dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Penentuan stasiun *bottleneck*

| Stasiun Kerja | Kapasitas Tersedia | Kebutuhan Kapasitas | Beban (%) | Keterangan |
|---------------|--------------------|---------------------|-----------|----------------|
| Marking | 28080 | 17254,62 | 61,45 | Non Bottleneck |
| Cutting | 28080 | 14206,93 | 50,59 | Non Bottleneck |
| Sewing | 28080 | 36709,81 | 130,73 | Bottleneck |
| Finishing | 28080 | 13404,20 | 47,74 | Non Bottleneck |

Dari tabel 4.12 dapat dilihat bahwa terdapat satu stasiun kerja yang memiliki beban lebih besar dari 100% yaitu stasiun kerja *sewing*. Dengan kondisi tersebut, stasiun kerja *sewing* tidak dapat memenuhi *demand* yang telah dibebankan pada perusahaan karena kapasitas yang tersedia tidak mencukupi kapasitas yang dibutuhkan. Stasiun kerja tersebut, yaitu *sewing*, merupakan *bottleneck* yang juga merupakan *constraint* bagi perusahaan.

4.2.2 Eksploitasi *Constraint*

Pada eksploitasi *constraint* dilakukan penentuan kontribusi produk, perhitungan volume produksi optimal menggunakan *Linear programming*, dan perhitungan beban kerja optimal.

4.2.2.1 Penentuan Kontribusi Produk

Dalam mengeksploitasi *constraint*, langkah pertama yang harus dilakukan adalah menghitung kontribusi masing-masing produk. Adapun perhitungan ongkos bahan untuk masing-masing produk adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Ongkos bahan dresslim} &= 0,42 \text{ kg kain PE 20s combed 20s} + 1,93 \text{ kg kain} \\
 &\quad \text{vinex} + 2 \text{ cone benang} + 4 \text{ pcs kancing} + 1 \text{ pc} \\
 &\quad \text{zipper} + 1 \text{ pc label} + 2 \text{ pack payet} \\
 &= 0,42 (\text{Rp } 100.000) + 1,93 (\text{Rp } 90.000) + 2 (\text{Rp} \\
 &\quad 6.000) + 4 (\text{Rp } 800) + 1 (\text{Rp } 4.000) + 1 (\text{Rp } 500) \\
 &\quad + 2 (\text{Rp } 15.000) \\
 &= \text{Rp } 42.000 + \text{Rp } 173.700 + \text{Rp } 12.000 + \text{Rp} \\
 &\quad 3.200 + \text{Rp } 4.000 + \text{Rp } 500 + \text{Rp } 30.000 \\
 &= \text{Rp } 265.400
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Ongkos bahan kemeja koko} &= 0,79 \text{ kg kain songket} + 1 \text{ cone benang} + 8 \text{ pcs kancing} + 1 \text{ pc label} \\
&= 0,79 (\text{Rp } 200.000) + 1 (\text{Rp } 6.000) + 8 (\text{Rp } 800) + 1 (\text{Rp } 500) \\
&= \text{Rp } 158.000 + \text{Rp } 6.000 + \text{Rp } 6.400 + \text{Rp } 500 \\
&= \text{Rp } 170.900
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Ongkos bahan kerudung} &= 0,35 \text{ kg kain PE 20s} + 1 \text{ cone benang} + 1 \text{ pc kancing} + 1 \text{ pc label} \\
&= 0,35 (\text{Rp } 100.000) + 1 (\text{Rp } 6.000) + 1 (\text{Rp } 800) + 1 (\text{Rp } 500) \\
&= \text{Rp } 35.000 + \text{Rp } 6.000 + \text{Rp } 800 + \text{Rp } 500 \\
&= \text{Rp } 42.300
\end{aligned}$$

Menurut Horngren, Datar, dan Foster (2009) kontribusi dapat dihitung dari harga jual dikurangi biaya bahan baku/ongkos bahan. Perhitungan untuk kontribusi per unit masing-masing produk adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
\text{Kontribusi per unit produk} &= \text{Harga jual} - \text{Ongkos bahan} \\
\text{Kontribusi per unit dresslim} &= \text{Rp } 309.500 - \text{Rp } 265.400 = \text{Rp } 44.100 \\
\text{Kontribusi per unit kemeja koko} &= \text{Rp } 199.900 - \text{Rp } 170.900 = \text{Rp } 29.000 \\
\text{Kontribusi per unit kerudung} &= \text{Rp } 54.500 - \text{Rp } 42.300 = \text{Rp } 12.200
\end{aligned}$$

Kontribusi per unit pada sumber *constraint* untuk masing-masing produk pun harus diketahui.

$$\begin{aligned}
&\text{Kontribusi per unit dresslim pada stasiun kerja } \textit{sewing} \\
&= \text{Rp } 44.100 / 71,79 = \text{Rp } 614,29/\text{menit}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\text{Kontribusi per unit kemeja koko pada stasiun kerja } \textit{sewing} \\
&= \text{Rp } 29.000 / 51,01 = \text{Rp } 568,56/\text{menit}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&\text{Kontribusi per unit kerudung pada stasiun kerja } \textit{sewing} \\
&= \text{Rp } 12.200 / 17,19 = \text{Rp } 709,87/\text{menit}
\end{aligned}$$

Kontribusi per unit pada sumber *constraint* menunjukkan bahwa lebih baik hanya memproduksi dan menjual produk kerudung karena menghasilkan

kontribusi per unit dari sumber *constraint* lebih tinggi dibanding produk dresslim maupun kemeja koko. Meskipun kontribusi per unit produk dresslim dan kemeja koko lebih besar dari kontribusi per unit produk kerudung, kontribusi per unit produk bukanlah hal yang sangat penting, melainkan kontribusi per unit dari sumber *constraint* adalah faktor yang menentukan sejauh mana perusahaan dapat mengoptimalkan kinerja dari sumber *constraint*.

4.2.2.2 Perhitungan Volume Produksi Optimal Menggunakan *Linear Programming*

Langkah selanjutnya dalam mengeksploitasi *constraint* adalah dengan memanfaatkan sumber *constraint* secara optimal tanpa mengeluarkan investasi tetapi dengan tetap menghasilkan *throughput* maksimal. Maka dari itu, perlu diketahui volume produksi dengan nilai *throughput* optimal menggunakan *Linear Programming* pada *software* Win QSB *version* 2.0. Untuk itu, fungsi tujuan dan batasan-batasan kapasitas dimiliki oleh perusahaan dalam memproduksi produk sesuai dengan permintaan (*demand*) harus ditentukan terlebih dahulu.

Variabel:

X1 = Dresslim

X2 = Kemeja Koko

X3 = Kerudung

Fungsi tujuan:

Maksimasi kontribusi per unit

Maksimasi $Z = 44100 X1 + 29000 X2 + 12200 X3$

Batasan:

- Kapasitas stasiun kerja
 - Marking* : $35,61 X1 + 10,58 X2 + 12,21 X3 \leq 28.080$
 - Cutting* : $25,80 X1 + 9,10 X2 + 11,85 X3 \leq 28.080$
 - Sewing* : $71,79 X1 + 51,01 X2 + 17,19 X3 \leq 28.080$
 - Finishing* : $41,52 X1 + 7,80 X2 + 2,00 X3 \leq 28.080$
- Demand*
 - $X1 \leq 265$
 - $X2 \leq 185$
 - $X3 \leq 480$
- $X1, X2, X3 \geq 0$

Dengan menggunakan *software* Win QSB ver 2.0 modul *linear programming*, maka didapatkan hasil seperti pada tabel 4.13.

Tabel 4.13 Hasil *linear programming* menggunakan *software* WinQSB ver 2.0

| Decision Variable | Solution Value | Unit Cost or Profit c(j) | Total Contribution | Reduced Cost | Basis Status | Allowable Min. c(j) | Allowable Max. c(j) |
|--------------------|----------------|--------------------------|--------------------|------------------|--------------|---------------------|---------------------|
| X1 | 265,00 | 44.100 | 11.686.500 | 0 | Basic | 40.813,77 | M |
| X2 | 15,77 | 29.000 | 457.342 | 0 | Basic | 0,00 | 31.335,02 |
| X3 | 480,00 | 12.200 | 5.856.000 | 0 | Basic | 9.772,79 | M |
| Objective Function | | (Max.) = | 17.999.840 | | | | |
| Constraint | Left Hand Side | Direction | Right Hand Side | Slack or Surplus | Shadow Price | Allowable Min. RHS | Allowable Max. RHS |
| C1 | 15.464,30 | <= | 28.080 | 12.615,70 | 0 | 15.464,30 | M |
| C2 | 12.668,51 | <= | 28.080 | 15.411,49 | 0 | 12.668,51 | M |
| C3 | 28.080,00 | <= | 28.080 | 0 | 569 | 27.275,55 | 36.712,40 |
| C4 | 12.085,81 | <= | 28.080 | 15.994,19 | 0 | 12.085,81 | M |
| C5 | 265,00 | <= | 265 | 0,00 | 3.286,24 | 145 | 276,21 |
| C6 | 15,77 | <= | 185 | 169,23 | 0,00 | 16 | M |
| C7 | 480,00 | <= | 480 | 0 | 2.427,21 | 0 | 526,80 |

Slack surplus menandakan sisa waktu yang dimiliki setiap stasiun kerja. *Shadow price* menandakan ada atau tidaknya penambahan atau pengurangan waktu. *Allowable max RHS* menandakan berapa besar batasan dapat dinaikkan sedangkan *allowable min RHS* menandakan berapa besar batasan dapat diturunkan.

Berdasarkan hasil perhitungan *linear programming* pada tabel 4.13, dapat dilihat bahwa solusi untuk mencapai *throughput* maksimal adalah dengan memproduksi dresslim sebanyak 265 pcs, kemeja koko sebanyak 15,77 pcs, dan kerudung sebanyak 480 pcs dengan nilai keuntungan sebesar Rp 17.999.840. Jumlah produksi tersebut sesuai dengan hasil yang ditunjukkan perhitungan kontribusi per menit pada sumber *constraint* bahwa sebaiknya perusahaan mengoptimalkan produksi kerudung.

4.2.2.3 Perhitungan Utilitas

Dengan memproduksi sesuai dengan jumlah yang tertera, perhitungan beban kerja optimal stasiun kerja *marking* adalah sebagai berikut:

| | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------|
| Beban kerja dresslim | = 35,61 x 265 | = 9437,26 menit |
| Beban kerja kemeja koko | = 10,58 x 15,77 | = 166,79 menit |
| Beban kerja kerudung | = 12,21 x 480 | = 5860,75 menit |
| Total beban kerja | = 15464,80 | menit |

Rekapitulasi beban kerja optimal yang dibebankan pada setiap stasiun kerja dapat dilihat pada tabel 4.14.

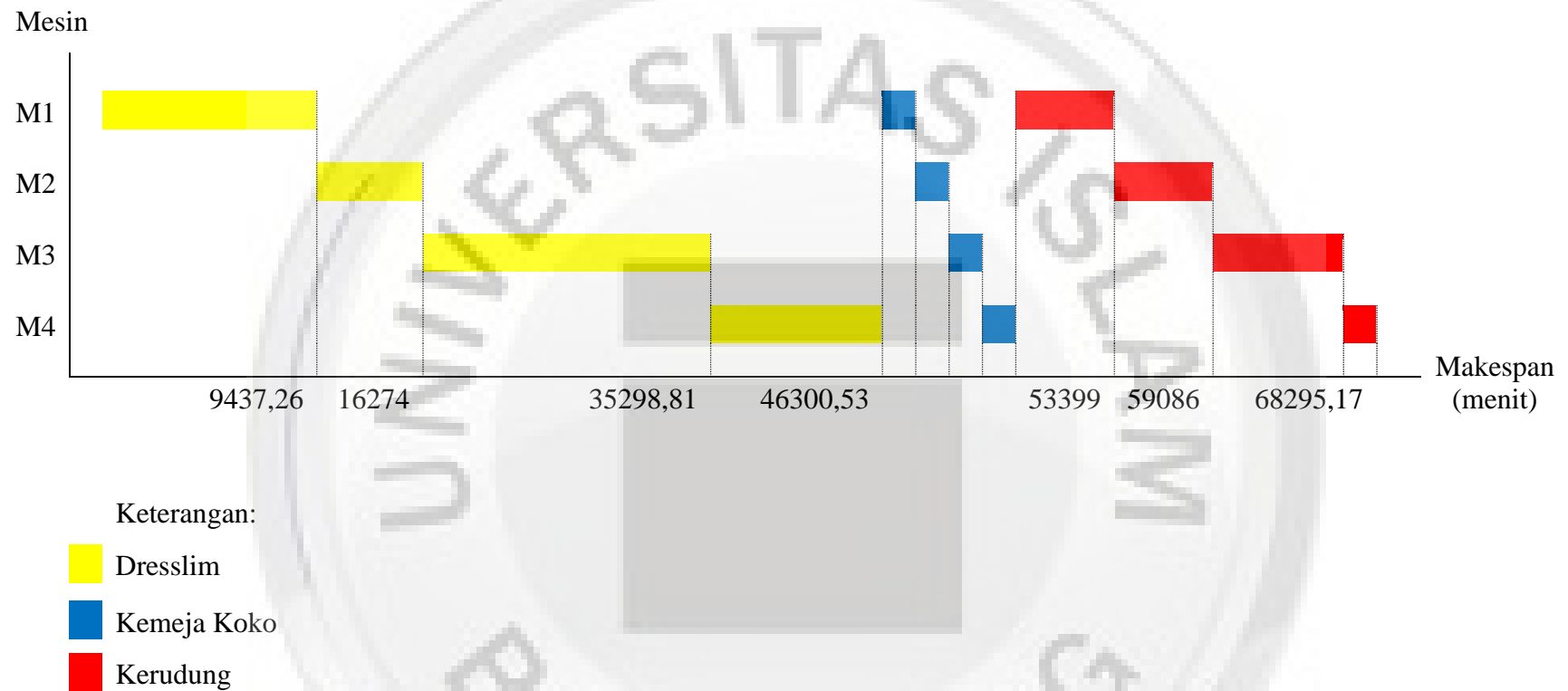
Tabel 4.14 Utilitas stasiun kerja

| Stasiun Kerja | Dresslim | Kemeja Koko | Kerudung | Beban | Kapasitas Tersedia | % |
|---------------|----------|-------------|----------|----------|--------------------|-------|
| Marking | 9437,26 | 166,79 | 5860,75 | 15464,80 | 28080 | 55,07 |
| Cutting | 6837,19 | 143,48 | 5686,66 | 12667,32 | 28080 | 45,11 |
| Sewing | 19024,36 | 804,38 | 8249,37 | 28078,11 | 28080 | 99,99 |
| Finishing | 11001,72 | 122,94 | 960,28 | 12084,94 | 28080 | 43,04 |

Dari tabel 4.14, dapat dilihat bahwa persentase beban yang dimiliki berubah, khususnya pada stasiun kerja *sewing*. Eksploitasi yang dilakukan terhadap *constraint* adalah dengan memanfaatkan sumber *constraint* secara optimal. Dapat dilihat bahwa pada stasiun kerja *sewing* besar utilitasnya mencapai 99,99%.

4.2.3 Subordinasi Sumber Lainnya

Setelah mengetahui bahwa hasil eksploitasi *constraint* menghasilkan kapasitas optimal dengan memproduksi dresslim sebanyak 265 pcs, kemeja koko sebanyak 15,77 pcs, dan kerudung sebanyak 480 pcs, hal lain yang harus diperhatikan adalah penjadwalan. CV. Suho Garmino Bandung menerapkan metode *First Come First Serve* (FCFS) pada lot per lini produksi bukan pada lot per mesin. Untuk memenuhi kapasitas produksi dengan jumlah produksi, *gantt chart* penjadwalan dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.3 Gantt chart job scheduling kapasitas optimal dengan metode *First Come First Serve* (FCFS)

Dari gambar 4.3 dapat diketahui bahwa *makespan* yang dibutuhkan untuk memproduksi produk dengan kapasitas optimal dari stasiun kerja *sewing* adalah 68295,17 menit. Sedangkan kapasitas produksi yang dimiliki perusahaan adalah 28080 menit. Sehingga dibutuhkan tambahan waktu sebanyak 40215,17 menit. Karena kekurangan waktu yang dimilikilah, hal ini menjadi *constraint* karena menghambat perusahaan untuk memperoleh *throughput* optimal.

4.2.4 Elevasi *Constraint*

Elevasi *constraint* dimaksudkan untuk mengangkat atau menghilangkan *constraint*. Hal yang dilakukan adalah melakukan dua jenis penjadwalan, yaitu penjadwalan *batch* proses sama dengan *batch* transfer dan penjadwalan *batch* proses tidak sama dengan *batch* transfer.

4.2.4.1 Penjadwalan *Batch* Proses Sama dengan *Batch* Transfer

Untuk mengeksplorasi *constraint* baru yang ditimbulkan oleh penjadwalan, dilakukan penjadwalan ulang menggunakan metode *Campbell, Dudek, and Smith* (CDS). Metode CDS merupakan pengembangan dari metode Johnson, dimana setiap job yang akan dikerjakan harus melalui proses masing-masing mesin. Penjadwalan dilakukan demi mendapatkan *makespan* terkecil yang menjadi urutan pengerjaan paling baik. Metode CDS dilakukan dengan bantuan *software* Win QSB *version* 2.0 modul *Job Scheduling* seperti pada tabel 4.15.

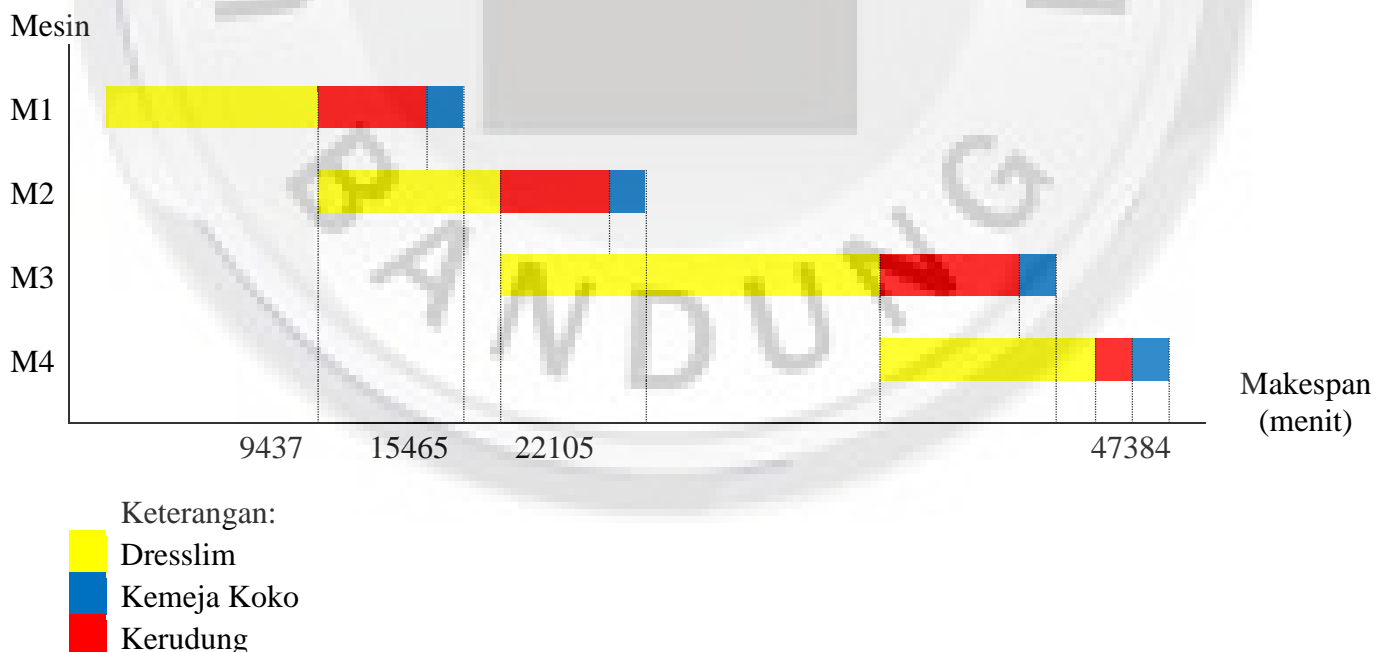
Tabel 4.15 *Job scheduling* menggunakan metode *Campbell, Dudek, and Smith* (CDS)

| Job Schedule | | | | | | |
|--------------|-------|-----------|------------|--------------|------------|-------------|
| | Job | Operation | On Machine | Process Time | Start Time | Finish Time |
| 1 | Job 1 | 1 | Machine 1 | 9437,26 | 0 | 9437,26 |
| 2 | Job 1 | 2 | Machine 2 | 6837,19 | 9437,26 | 16274,45 |
| 3 | Job 1 | 3 | Machine 3 | 19024,36 | 16274,45 | 35298,81 |
| 4 | Job 1 | 4 | Machine 4 | 11001,72 | 35298,81 | 46300,53 |
| 5 | Job 2 | 1 | Machine 1 | 166,79 | 15298,01 | 15464,8 |
| 6 | Job 2 | 2 | Machine 2 | 143,48 | 21961,11 | 22104,59 |
| 7 | Job 2 | 3 | Machine 3 | 804,38 | 43548,18 | 44352,56 |
| 8 | Job 2 | 4 | Machine 4 | 122,94 | 47260,81 | 47383,75 |

Lanjutan Tabel 4.15 *Job scheduling* menggunakan metode *Campbell, Dudek, and Smith* (CDS)

| Job Schedule | | | | | | |
|--------------|-----------|-----------|------------|--------------|--------------------|-------------|
| | Job | Operation | On Machine | Process Time | Start Time | Finish Time |
| 9 | Job 3 | 1 | Machine 1 | 5860,75 | 9437,26 | 15298,01 |
| 10 | Job 3 | 2 | Machine 2 | 5686,66 | 16274,45 | 21961,11 |
| 11 | Job 3 | 3 | Machine 3 | 8249,37 | 35298,81 | 43548,18 |
| 12 | Job 3 | 4 | Machine 4 | 960,28 | 46300,53 | 47260,81 |
| | Cmax = | 47383,75 | MC = | 46981,7 | Wmax = | 46146,16 |
| | MW = | 24216,63 | Fmax = | 47383,75 | MF = | 46981,7 |
| | Lmax = | 47383,75 | ML = | 46981,7 | E _{max} = | 0 |
| | ME = | 0 | Tmax = | 47383,75 | MT = | 46981,7 |
| | NT = | 3 | WIP = | 2,9745 | MU = | 0,3603 |
| | TJC = | 0 | TMC = | 0 | TC = | 0 |
| | Solved by | CDS | | | Criterion: | Cmax |

Urutan penjadwalan produksi adalah Job 1 (Dresslim), Job 3 (Kerudung), lalu Job 2 (Kemeja koko). *Gantt chart* dari hasil *job scheduling* menggunakan metode *Campbell, Dudek, and Smith* (CDS) dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 *Gantt chart job scheduling* dengan metode *Campbell, Dudek, and Smith* (CDS)

Dari gambar 4.4 dapat dilihat bahwa jadwal tersebut adalah jadwal produksi dengan *makespan* sebesar 47383,75 menit. Waktu *makespan* menurun sebesar 20911,42 menit. Dengan kata lain, setiap operator dari masing-masing stasiun kerja harus menyesuaikan dengan kondisi kerja yang ketat dan mentaati jadwal agar mencapai target produksi. Namun, dengan kebutuhan *makespan* sebesar 47383,75 menit, *constraint* belum hilang karena kapasitas yang dibutuhkan melebihi dengan kapasitas yang dimiliki.

4.2.4.2 Penjadwalan *Batch* Proses Tidak Sama dengan *Batch* Transfer

Salah satu cara agar *makespan* dapat diminimasi adalah dengan melakukan penjadwalan *batch* proses tidak sama dengan *batch* transfer. Masing-masing produk dibagi ke dalam beberapa *batch* dengan proses yang berurutan, namun produk tersebut harus ditransfer atau dipindahkan ke stasiun berikutnya sesuai dengan jumlah unit yang terdapat dalam 1 *batch*. Penjadwalan dengan penerapan *batch* proses tidak sama dengan *batch* transfer ini dilakukan dengan menggunakan metode yang sama, yaitu metode CDS. Setelah melakukan pembagian *batch* dari 2 *batch* sampai ke 15 *batch*, diperoleh *makespan* terkecil yaitu pada 15 *batch*. Penentuan jumlah *batch* dilihat dari produk yang paling sedikit diproduksi, yaitu kemeja koko yang hanya berjumlah 15,22 pcs saja. Penjadwalan dengan 15 *batch* dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 *Job scheduling* terpilih dengan 15 *batch*

| Job Schedule | | | | | | |
|--------------|-------|-----------|------------|--------------|------------|-------------|
| | Job | Operation | On Machine | Process Time | Start Time | Finish Time |
| 1 | Job 1 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 166,8 | 795,95 |
| 2 | Job 1 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 795,95 | 1251,76 |
| 3 | Job 1 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 1251,76 | 2520,05 |
| 4 | Job 1 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 2520,05 | 3253,5 |
| 5 | Job 2 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 795,95 | 1425,1 |
| 6 | Job 2 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 1425,1 | 1880,91 |
| 7 | Job 2 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 2520,05 | 3788,34 |
| 8 | Job 2 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 3788,34 | 4521,79 |
| 9 | Job 3 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 1425,1 | 2054,25 |
| 10 | Job 3 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 2054,25 | 2510,06 |

Lanjutan Tabel 4.16 *Job scheduling* terpilih dengan 15 batch

| Job Schedule | | | | | | |
|---------------------|------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| | Job | Operation | On Machine | Process Time | Start Time | Finish Time |
| 11 | Job 3 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 3788,34 | 5056,63 |
| 12 | Job 3 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 5056,63 | 5790,08 |
| 13 | Job 4 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 2054,25 | 2683,4 |
| 14 | Job 4 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 2683,4 | 3139,21 |
| 15 | Job 4 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 5056,63 | 6324,92 |
| 16 | Job 4 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 6324,92 | 7058,37 |
| 17 | Job 5 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 2683,4 | 3312,55 |
| 18 | Job 5 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 3312,55 | 3768,36 |
| 19 | Job 5 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 6324,92 | 7593,21 |
| 20 | Job 5 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 7593,21 | 8326,66 |
| 21 | Job 6 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 3312,55 | 3941,7 |
| 22 | Job 6 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 3941,7 | 4397,51 |
| 23 | Job 6 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 7593,21 | 8861,5 |
| 24 | Job 6 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 8861,5 | 9594,95 |
| 25 | Job 7 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 3941,7 | 4570,85 |
| 26 | Job 7 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 4570,85 | 5026,66 |
| 27 | Job 7 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 8861,5 | 10129,79 |
| 28 | Job 7 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 10129,79 | 10863,24 |
| 29 | Job 8 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 4570,85 | 5200 |
| 30 | Job 8 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 5200 | 5655,81 |
| 31 | Job 8 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 10129,79 | 11398,08 |
| 32 | Job 8 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 11398,08 | 12131,53 |
| 33 | Job 9 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 5200 | 5829,149 |
| 34 | Job 9 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 5829,149 | 6284,959 |
| 35 | Job 9 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 11398,08 | 12666,37 |
| 36 | Job 9 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 12666,37 | 13399,82 |
| 37 | Job 10 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 5829,149 | 6458,299 |
| 38 | Job 10 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 6458,299 | 6914,109 |
| 39 | Job 10 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 12666,37 | 13934,66 |
| 40 | Job 10 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 13934,66 | 14668,11 |
| 41 | Job 11 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 6458,299 | 7087,449 |
| 42 | Job 11 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 7087,449 | 7543,259 |
| 43 | Job 11 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 13934,66 | 15202,95 |
| 44 | Job 11 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 15202,95 | 15936,4 |
| 45 | Job 12 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 7087,449 | 7716,599 |
| 46 | Job 12 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 7716,599 | 8172,409 |

Lanjutan Tabel 4.16 *Job scheduling* terpilih dengan 15 batch

| Job Schedule | | | | | | |
|---------------------|------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| | Job | Operation | On Machine | Process Time | Start Time | Finish Time |
| 47 | Job 12 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 15202,95 | 16471,24 |
| 48 | Job 12 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 16471,24 | 17204,69 |
| 49 | Job 13 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 7716,599 | 8345,749 |
| 50 | Job 13 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 8345,749 | 8801,559 |
| 51 | Job 13 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 16471,24 | 17739,53 |
| 52 | Job 13 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 17739,53 | 18472,98 |
| 53 | Job 14 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 8345,749 | 8974,899 |
| 54 | Job 14 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 8974,899 | 9430,709 |
| 55 | Job 14 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 17739,53 | 19007,82 |
| 56 | Job 14 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 19007,82 | 19741,27 |
| 57 | Job 15 | 1 | Machine 1 | 629,15 | 8974,899 | 9604,05 |
| 58 | Job 15 | 2 | Machine 2 | 455,81 | 9604,05 | 10059,86 |
| 59 | Job 15 | 3 | Machine 3 | 1268,29 | 19007,82 | 20276,11 |
| 60 | Job 15 | 4 | Machine 4 | 733,45 | 20276,11 | 21009,56 |
| 61 | Job 16 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 0 | 11,12 |
| 62 | Job 16 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 11,12 | 20,68 |
| 63 | Job 16 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 20,68 | 74,3 |
| 64 | Job 16 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 74,3 | 82,5 |
| 65 | Job 17 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 11,12 | 22,24 |
| 66 | Job 17 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 22,24 | 31,8 |
| 67 | Job 17 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 74,3 | 127,92 |
| 68 | Job 17 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 127,92 | 136,12 |
| 69 | Job 18 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 22,24 | 33,36 |
| 70 | Job 18 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 33,36 | 42,92 |
| 71 | Job 18 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 127,92 | 181,54 |
| 72 | Job 18 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 181,54 | 189,74 |
| 73 | Job 19 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 33,36 | 44,48 |
| 74 | Job 19 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 44,48 | 54,04 |
| 75 | Job 19 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 181,54 | 235,16 |
| 76 | Job 19 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 235,16 | 243,36 |
| 77 | Job 20 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 44,48 | 55,6 |
| 78 | Job 20 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 55,6 | 65,16 |
| 79 | Job 20 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 235,16 | 288,78 |
| 80 | Job 20 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 288,78 | 296,98 |
| 81 | Job 21 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 55,6 | 66,72 |
| 82 | Job 21 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 66,72 | 76,28 |

Lanjutan Tabel 4.16 *Job scheduling* terpilih dengan 15 batch

| Job Schedule | | | | | | |
|---------------------|------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| | Job | Operation | On Machine | Process Time | Start Time | Finish Time |
| 83 | Job 21 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 288,78 | 342,4 |
| 84 | Job 21 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 342,4 | 350,6 |
| 85 | Job 22 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 66,72 | 77,84 |
| 86 | Job 22 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 77,84 | 87,4 |
| 87 | Job 22 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 342,4 | 396,02 |
| 88 | Job 22 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 396,02 | 404,22 |
| 89 | Job 23 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 77,84 | 88,96 |
| 90 | Job 23 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 88,96 | 98,52 |
| 91 | Job 23 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 396,02 | 449,64 |
| 92 | Job 23 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 449,64 | 457,84 |
| 93 | Job 24 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 88,96 | 100,08 |
| 94 | Job 24 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 100,08 | 109,64 |
| 95 | Job 24 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 449,64 | 503,26 |
| 96 | Job 24 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 503,26 | 511,46 |
| 97 | Job 25 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 100,08 | 111,2 |
| 98 | Job 25 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 111,2 | 120,76 |
| 99 | Job 25 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 503,26 | 556,88 |
| 100 | Job 25 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 556,88 | 565,08 |
| 101 | Job 26 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 111,2 | 122,32 |
| 102 | Job 26 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 122,32 | 131,88 |
| 103 | Job 26 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 556,88 | 610,5 |
| 104 | Job 26 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 610,5 | 618,7 |
| 105 | Job 27 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 122,32 | 133,44 |
| 106 | Job 27 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 133,44 | 143 |
| 107 | Job 27 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 610,5 | 664,12 |
| 108 | Job 27 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 664,12 | 672,32 |
| 109 | Job 28 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 133,44 | 144,56 |
| 110 | Job 28 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 144,56 | 154,12 |
| 111 | Job 28 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 664,12 | 717,74 |
| 112 | Job 28 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 717,74 | 725,94 |
| 113 | Job 29 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 144,56 | 155,68 |
| 114 | Job 29 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 155,68 | 165,24 |
| 115 | Job 29 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 717,74 | 771,36 |
| 116 | Job 29 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 771,36 | 779,56 |
| 117 | Job 30 | 1 | Machine 1 | 11,12 | 155,68 | 166,8 |
| 118 | Job 30 | 2 | Machine 2 | 9,56 | 166,8 | 176,36 |

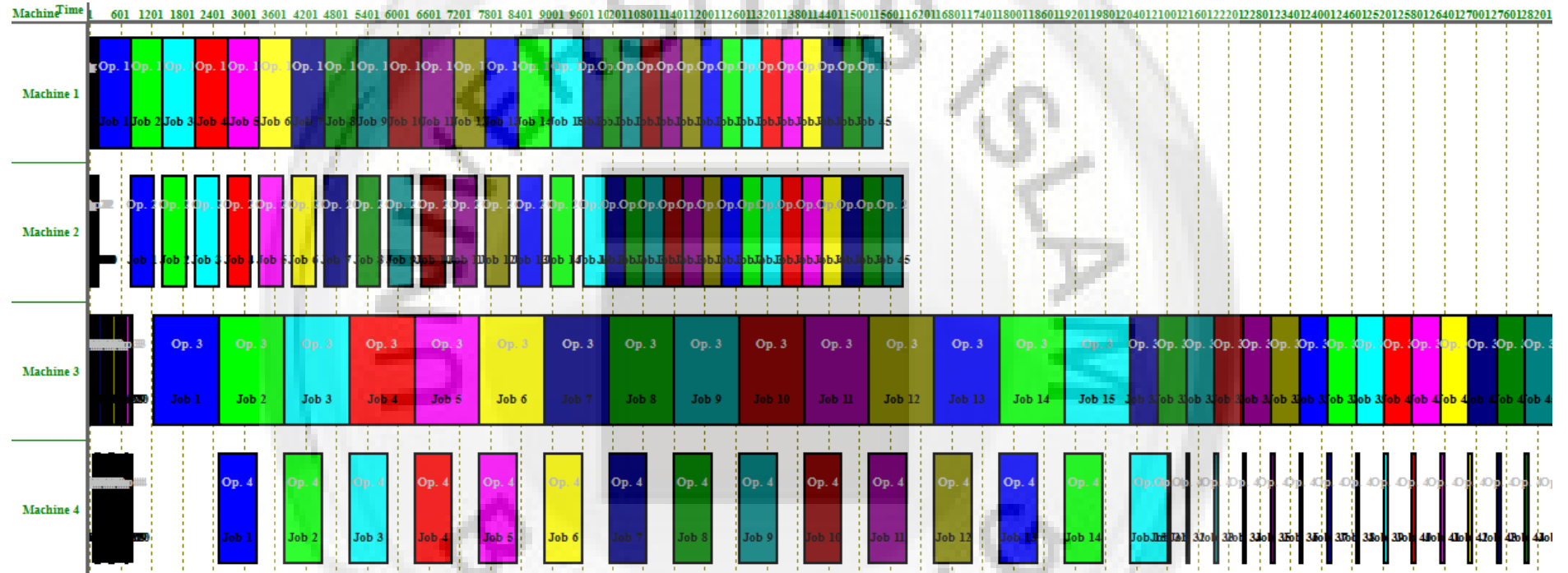
Lanjutan Tabel 4.16 *Job scheduling* terpilih dengan 15 batch

| Job Schedule | | | | | | |
|---------------------|------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| | Job | Operation | On Machine | Process Time | Start Time | Finish Time |
| 119 | Job 30 | 3 | Machine 3 | 53,62 | 771,36 | 824,98 |
| 120 | Job 30 | 4 | Machine 4 | 8,2 | 824,98 | 833,18 |
| 121 | Job 31 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 9604,05 | 9994,77 |
| 122 | Job 31 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 10059,86 | 10438,97 |
| 123 | Job 31 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 20276,11 | 20826,07 |
| 124 | Job 31 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 21009,56 | 21073,58 |
| 125 | Job 32 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 9994,77 | 10385,49 |
| 126 | Job 32 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 10438,97 | 10818,08 |
| 127 | Job 32 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 20826,07 | 21376,03 |
| 128 | Job 32 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 21376,03 | 21440,05 |
| 129 | Job 33 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 10385,49 | 10776,21 |
| 130 | Job 33 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 10818,08 | 11197,19 |
| 131 | Job 33 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 21376,03 | 21925,99 |
| 132 | Job 33 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 21925,99 | 21990,01 |
| 133 | Job 34 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 10776,21 | 11166,93 |
| 134 | Job 34 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 11197,19 | 11576,3 |
| 135 | Job 34 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 21925,99 | 22475,95 |
| 136 | Job 34 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 22475,95 | 22539,97 |
| 137 | Job 35 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 11166,93 | 11557,65 |
| 138 | Job 35 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 11576,3 | 11955,41 |
| 139 | Job 35 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 22475,95 | 23025,91 |
| 140 | Job 35 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 23025,91 | 23089,93 |
| 141 | Job 36 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 11557,65 | 11948,37 |
| 142 | Job 36 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 11955,41 | 12334,52 |
| 143 | Job 36 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 23025,91 | 23575,88 |
| 144 | Job 36 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 23575,88 | 23639,89 |
| 145 | Job 37 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 11948,37 | 12339,09 |
| 146 | Job 37 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 12339,09 | 12718,2 |
| 147 | Job 37 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 23575,88 | 24125,84 |
| 148 | Job 37 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 24125,84 | 24189,86 |
| 149 | Job 38 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 12339,09 | 12729,81 |
| 150 | Job 38 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 12729,81 | 13108,92 |
| 151 | Job 38 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 24125,84 | 24675,8 |
| 152 | Job 38 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 24675,8 | 24739,82 |
| 153 | Job 39 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 12729,81 | 13120,53 |
| 154 | Job 39 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 13120,53 | 13499,64 |

Lanjutan Tabel 4.16 *Job scheduling* terpilih dengan 15 batch

| Job Schedule | | | | | | |
|---------------------|------------|------------------|-------------------|---------------------|-------------------|--------------------|
| | Job | Operation | On Machine | Process Time | Start Time | Finish Time |
| 155 | Job 39 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 24675,8 | 25225,76 |
| 156 | Job 39 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 25225,76 | 25289,78 |
| 157 | Job 40 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 13120,53 | 13511,25 |
| 158 | Job 40 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 13511,25 | 13890,36 |
| 159 | Job 40 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 25225,76 | 25775,72 |
| 160 | Job 40 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 25775,72 | 25839,74 |
| 161 | Job 41 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 13511,25 | 13901,97 |
| 162 | Job 41 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 13901,97 | 14281,08 |
| 163 | Job 41 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 25775,72 | 26325,68 |
| 164 | Job 41 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 26325,68 | 26389,7 |
| 165 | Job 42 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 13901,97 | 14292,69 |
| 166 | Job 42 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 14292,69 | 14671,8 |
| 167 | Job 42 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 26325,68 | 26875,64 |
| 168 | Job 42 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 26875,64 | 26939,66 |
| 169 | Job 43 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 14292,69 | 14683,41 |
| 170 | Job 43 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 14683,41 | 15062,52 |
| 171 | Job 43 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 26875,64 | 27425,6 |
| 172 | Job 43 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 27425,6 | 27489,62 |
| 173 | Job 44 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 14683,41 | 15074,13 |
| 174 | Job 44 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 15074,13 | 15453,24 |
| 175 | Job 44 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 27425,6 | 27975,56 |
| 176 | Job 44 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 27975,56 | 28039,58 |
| 177 | Job 45 | 1 | Machine 1 | 390,72 | 15074,13 | 15464,85 |
| 178 | Job 45 | 2 | Machine 2 | 379,11 | 15464,85 | 15843,96 |
| 179 | Job 45 | 3 | Machine 3 | 549,96 | 27975,56 | 28525,52 |
| 180 | Job 45 | 4 | Machine 4 | 64,02 | 28525,52 | 28589,54 |
| | | | | | | |
| | Cmax = | 28589,54 | MC = | 12447,14 | Wmax = | 27205,73 |
| | MW = | 10929,47 | Fmax = | 28589,54 | MF = | 12447,14 |
| | Lmax = | 28589,54 | ML = | 12447,14 | Emax = | 0 |
| | ME = | 0 | Tmax = | 28589,54 | MT = | 12447,14 |
| | NT = | 45 | WIP = | 19,5918 | MU = | 0,5972 |
| | TJC = | 0 | TMC = | 0 | TC = | 0 |
| | Solved by | CDS | | | Criterion: | Cmax |

Adapun *gantt chart* dari hasil penjadwalan *batch* proses tidak sama dengan *batch* transfer dengan jumlah *batch* transfer sebesar 15 *batch* dapat dilihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 *Gantt chart* job scheduling 15 batch