

**USULAN PENJADWALAN PRODUKSI *FLY WHEEL* BERDASARKAN  
MAKESPAN TERPENDEK DIANTARA METODE ALGORITMA NAWAZ,  
*ENSCORE AND HAM* (NEH), ALGORITMA *HEURISTIC POUR* DAN  
ALGORITMA *CAMPBELL DUDECK SMITH* (CDS) DI PT BRAJA MUKTI  
CAKRA**

**TUGAS AKHIR**

Tugas Akhir yang Ditulis untuk Memenuhi Sebagian Prasyaratan dalam  
Program Diploma IV Teknik Industri Otomotif  
di Politeknik STMI Jakarta

**OLEH**

**NAMA : WAHYUDI KHOIRUL IKHSAN**

**NIM : 1112105**



**POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI  
JAKARTA**

**2017**

## ABSTRAK

PT Braja Mukti Cakra merupakan suatu perusahaan yang bergerak dalam industri otomotif, yang memproduksi berbagai komponen otomotif. Hasil salah satu produk yang dihasilkan adalah *Fly Wheel*. Permasalahan yang dihadapi pada PT Braja Mukti Cakra adalah penjadwalan produksi pada lini *Fly Wheel* secara umum masih sering berubah-ubah dan perubahan itu sendiri cenderung dikarenakan pesanan yang masuk terlebih dahulu diprioritaskan untuk dikerjakan sedangkan yang lain dikerjakan setelahnya, tanpa mempertimbangkan waktu proses yang dibutuhkan. Oleh karena itu, membutuhkan waktu produksi yang relatif lebih lama. Berdasarkan hal tersebut perlu melakukan minimasi *makespan*. Dalam penelitian ini menggunakan metode penjadwalan produksi Algoritma *Nawaz Ensore and Ham* (NEH), Algoritma *Heuristic Pour*, dan Algoritma *Cambell Dudeck Smith* (CDS) yang bertujuan menentukan urutan produksi optimal untuk meminimasi *makespan* pada perusahaan. Adapun tahapan yang perlu dilakukan ialah menghitung waktu proses dari setiap tipe produk *fly wheel*, merancang penjadwalan produksi awal, dan usulan, menghitung *makespan* metode awal perusahaan, dan usulan, serta membandingkan ketiga metode usulan untuk mendapatkan urutan *job* dan *makespan* yang optimal. Berdasarkan hasil pengolahan data untuk penjadwalan perusahaan dengan menerapkan metode *First Come First Served* (FCFS) menghasilkan *makespan* sebesar 499,75 jam. Dan *makespan* yang dihasilkan metode usulan yaitu metode Algoritma *Nawaz, Ensore and Ham* (NEH) sebesar 425,19 jam, Algoritma *Heuristic Pour* sebesar 425,28 jam, dan Algoritma *Cambell Dudeck Smith* (CDS) menghasilkan *makespan* yang sama dengan NEH yaitu sebesar 425,19 jam, tetapi memiliki urutan pengerjaan *job* dan *mean flow time* yang berbeda. Untuk metode NEH mempunyai urutan *job* J4-J2-J1-J3 dan untuk metode CDS mempunyai urutan *job* J4-J1-J2-J3. Dapat dilihat dengan menggunakan ketiga metode usulan penjadwalan tersebut dapat menurunkan *makespan* penjadwalan dari sistem yang diterapkan perusahaan yaitu sistem penjadwalan *First Come First Served*. Adapun besarnya penurunan *makespan* sebesar 24,56 jam dengan persentase selisih *makespan* sebesar 5,78%. Oleh karena itu, metode usulan NEH dapat digunakan untuk penjadwalan produksi pada PT Braja Mukti Cakra.

**Kata Kunci:** Penjadwalan, *makespan*, Algoritma *Nawaz Ensore and Ham*, Algoritma *Heuristic Pour*, CDS, FCFS

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT, atas segala nikmat, rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis memiliki kesanggupan untuk menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Usulan Penjadwalan Produksi *Fly Wheel* Berdasarkan *Makespan* Terpendek Diantara Metode Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* (NEH), Algoritma *Heuristic Pour* dan Algoritma *Cambell Dudeck Smith* (CDS) di PT Braja Mukti Cakra”, sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains Terapan pada Program Studi Teknik Industri Otomotif di Politeknik STMI Jakarta. Tidak lupa penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tidak terkira kepada kedua orang tua penulis, Bapak Imannullah, dan Ibu Rukmini yang tidak pernah berhenti dalam memberikan doa dan dukungan, baik moril dan materil, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Pada kesempatan ini penulis juga ingin mempersembahkan rasa terima kasih dan penghargaan yang tulus kepada semua pihak yang telah mendukung penulisan laporan Tugas Akhir ini, khususnya kepada:

- Bapak Dr. Mustofa, ST, MT., selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta sekaligus sebagai Dosen Pembimbing yang telah memberikan waktu, bimbingan dan pengarahan serta motivasi yang sangat berarti kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
- Bapak Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, MT., selaku Pembantu Direktur 1 Politeknik STMI Jakarta sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Akademik penulis yang sabar memberikan waktu, bimbingan dan pengarahan serta motivasi yang sangat berarti kepada penulis selama masa perkuliahan.
- Bapak Muhamad Agus, ST, MT., selaku Ketua Program Studi Teknik dan Manajemen Industri atau Teknik Industri Otomotif Politeknik STMI Jakarta.

- Bapak Dr. Ir. Drs. Hasan Sudrajat, MT., selaku Dosen Asisten Pembimbing yang telah memberikan waktu, bimbingan dan pengarahan serta motivasi yang sangat berarti kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
- Bapak Bakti, Bapak Dede A.S, Bapak Rohadi, Bapak Suprihatin, dan Ibu Dianisa selaku pembimbing di PT Braja Mukti Cakra yang telah memberikan waktu, bimbingan dan pengarahan serta segala sesuatunya yang sangat berarti kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
- Om Budi dan Bulek Katri, yang telah memberikan waktu, tempat, bimbingan dan pengarahan serta motivasi yang sangat berarti kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
- Sahabat-sahabat 5s, 8 People dan Next Trip, yang telah memberika semangat dan motivasi yang sangat berarti kepada penulis dalam penulisan Tugas Akhir ini.
- Teman-teman Naufal Holiday's dan Politeknik STMI, khususnya Aris, Gilang, Faisal, Naufal, dan Vinny yang telah membantu penulis dalam penyusunan Tugas Akhir.
- Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa pada Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan, baik dari segi materi maupun penulisannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang diberikan akan penulis terima dengan senang hati. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya, dan pembaca pada umumnya, serta dapat menjadi sebuah pembelajaran untuk penelitian berikutnya dari sebuah proses akademik yang harus dilalui di kampus Politeknik STMI Jakarta itu sendiri maupun di luar kampus.

Jakarta, November 2017

Penulis

## DAFTAR ISI

|                                                                    | Halaman |
|--------------------------------------------------------------------|---------|
| ABSTRAK                                                            |         |
| KATA PENGANTAR .....                                               | i       |
| DAFTAR ISI.....                                                    | iii     |
| DAFTAR GAMBAR .....                                                | vi      |
| DAFTAR TABEL .....                                                 | vii     |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                                               | x       |
| <br>                                                               |         |
| BAB I PENDAHULUAN.....                                             | 1       |
| 1.1 Latar Belakang Masalah.....                                    | 1       |
| 1.2 Perumusan Masalah .....                                        | 2       |
| 1.3 Tujuan Penelitian .....                                        | 3       |
| 1.4 Pembatasan Masalah .....                                       | 3       |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....                                        | 3       |
| 1.6 Sistematika Penulisan .....                                    | 4       |
| BAB II LANDASAN TEORI .....                                        | 7       |
| 2.1 Pengertian Sistem Produksi .....                               | 7       |
| 2.2 Macam-macam Sistem Produksi.....                               | 9       |
| 2.3 Penjadwalan Produksi .....                                     | 10      |
| 2.3.1 Parameter Performansi .....                                  | 12      |
| 2.3.2 Jenis-Jenis Penjadwalan Produksi.....                        | 12      |
| 2.3.3 Penjadwalan Tipe <i>Flow Shop</i> .....                      | 14      |
| 2.4 Pengurutan Pekerjaan ( <i>Job Sequencing</i> ).....            | 14      |
| 2.4.1 Penjadwalan “n” Jenis Pekerjaan Pada ‘m’ Mesin Tunggal ..... | 19      |
| 2.4.2 Mengurutkan Pekerjaan N Pada Dua Mesin: Aturan Jhonson..     | 20      |
| 2.4.3 Pengurutan Pekerjaan N Pada Tiga Mesin.....                  | 21      |
| 2.5 Metode Algoritma <i>Nawaz Ensore and Ham</i> (NEH) .....       | 21      |

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.6 Metode Algoritma <i>Heuristic Pour</i> .....                                                                      | 23 |
| 2.7 Metode Algoritma <i>Campbell Dudeck Smith</i> (CDS).....                                                          | 24 |
| 2.8 Pengukuran Waktu Kerja ( <i>Time Study</i> ) .....                                                                | 26 |
| 2.8.1 Pengukuran Waktu Secara Langsung.....                                                                           | 26 |
| 2.8.2 Tahap Pengukuran Waktu .....                                                                                    | 28 |
| 2.8.3 Penentuan Waktu Standar .....                                                                                   | 28 |
| 2.8.4 Tingkat Ketelitian dan Tingkat Kepercayaan .....                                                                | 29 |
| 2.8.5 Uji Kenormalan Data Kolmogorov-Smirnov.....                                                                     | 30 |
| 2.8.6 Uji Keseragaman Data .....                                                                                      | 32 |
| 2.8.7 Uji Kecukupan Data.....                                                                                         | 33 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....                                                                                    | 35 |
| 3.1 Studi Lapangan Dan Pustaka .....                                                                                  | 36 |
| 3.2 Perumusan Masalah .....                                                                                           | 43 |
| 3.3 Tujuan Penelitian .....                                                                                           | 37 |
| 3.4 Pengumpulan Data .....                                                                                            | 37 |
| 3.5 Pengolahan Data.....                                                                                              | 37 |
| 3.6 Analisis Dan Pembahasan .....                                                                                     | 40 |
| 3.7 Kesimpulan Dan Saran.....                                                                                         | 40 |
| BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA .....                                                                          | 41 |
| 4.1 Pengumpulan Data .....                                                                                            | 41 |
| 4.1.1 Sejarah Perusahaan.....                                                                                         | 41 |
| 4.1.2 Profil Perusahaan .....                                                                                         | 43 |
| 4.1.3 Waktu Kerja Perusahaan .....                                                                                    | 44 |
| 4.1.4 Produk Yang Dihasilkan Perusahaan .....                                                                         | 45 |
| 4.1.5 Struktur Organisasi dan Uraian Jabatan Perusahaan.....                                                          | 47 |
| 4.1.6 Proses Produksi <i>Fly Wheel</i> Dan Mesin-Mesin yang<br>Digunakan Untuk Proses Produksi <i>Fly Wheel</i> ..... | 51 |
| 4.1.7 Pengukuran Waktu Proses Untuk Setiap Proses Pada<br>Setiap Mesin .....                                          | 54 |

|                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.1.8 Data Permintaan Produk .....                                                             | 57  |
| 4.1.9 Uji Kenormalan.....                                                                      | 58  |
| 4.1.10 Uji Keseragaman.....                                                                    | 60  |
| 4.1.11 Uji Kecukupan Data.....                                                                 | 64  |
| 4.1.12 Menghitung Waktu Siklus, Waktu Normal dan<br>Waktu Standar.....                         | 66  |
| 4.1.13 Perhitungan Waktu Proses .....                                                          | 70  |
| 4.2 Pengolahan Data.....                                                                       | 73  |
| 4.2.1 Metode Penjadwalan Perusahaan.....                                                       | 73  |
| 4.2.2 Metode Penjadwalan Algoritma <i>Nawaz, Ensore and Ham</i> .....                          | 74  |
| 4.2.3 Metode Penjadwalan Algoritma <i>Heuristic Pour</i> .....                                 | 84  |
| 4.2.4 Metode Penjadwalan Algoritma <i>Cambell Dudeck Smith</i> .....                           | 95  |
| BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....                                                            | 103 |
| 5.1 Analisis Penjadwalan Perusahaan.....                                                       | 103 |
| 5.2 Analisis Penjadwalan Produksi Dengan Metode<br>Algoritma <i>Nawz, Ensore and Ham</i> ..... | 104 |
| 5.3 Analisis Penjadwalan Produksi Dengan Metode<br>Algoritma <i>Heuristic Pour</i> .....       | 106 |
| 5.4 Analisis Penjadwalan Produksi Dengan Metode<br>Algoritma <i>Cambell Dudeck Smith</i> ..... | 108 |
| 5.5 Analisis Perbandingan Metode Penjadwalan Untuk<br>Menentukan Metode Terbaik.....           | 110 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....                                                              | 111 |
| 6.1 Kesimpulan .....                                                                           | 113 |
| 6.2 Saran.....                                                                                 | 114 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                                                                           | 115 |

## DAFTAR GAMBAR

|            |                                                                          |     |
|------------|--------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 2.1 | Skema Sistem Produksi .....                                              | 8   |
| Gambar 2.2 | <i>Lead Time</i> dai Berbagai Jenis Operasi Proses Produksi.....         | 11  |
| Gambar 2.3 | Pola Aliran Penjadwalan <i>Job Shop</i> .....                            | 13  |
| Gambar 2.4 | Pola Aliran Penjadwalan <i>Flow Shop</i> Murni.....                      | 13  |
| Gambar 3.1 | Metodologi Penelitian .....                                              | 35  |
| Gambar 4.1 | PT Braja Mukti Cakra .....                                               | 43  |
| Gambar 4.2 | Struktur Organisasi PT Braja Mukti Cakra .....                           | 47  |
| Gambar 4.3 | Grafik Peta Kontrol Uji Keseragaman Data Proses <i>Finish Lathe 1</i> .. | 61  |
| Gambar 4.4 | Grafik Peta Kontrol Uji Keseragaman Data Proses <i>Finish Lathe 2</i> .. | 62  |
| Gambar 4.5 | Grafik Peta Kontrol Uji Keseragaman Data Proses <i>Drill</i> .....       | 36  |
| Gambar 5.1 | Gantt Chart Penjadwalan Perusahaan .....                                 | 103 |
| Gambar 5.2 | Gantt Chart Penjadwalan Algoritma <i>Nawaz, Enscoe and Ham</i> ....      | 105 |
| Gambar 5.3 | Gantt Chart Penjadwalan Algoritma <i>Heuristic Pour</i> .....            | 107 |
| Gambar 5.3 | Gantt Chart Penjadwalan Algoritma <i>Cambell Dudeck Smith</i> .....      | 110 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 Contoh Data Jumlah Hari Tidak Masuk Kerja.....                      | 31 |
| Tabel 4.1 Hasil Produksi PT Braja Mukti Cakra .....                           | 46 |
| Tabel 4.2 Mesin-Mesin yang Digunakan Pada PT Braja Mukti Cakra.....           | 53 |
| Tabel 4.3 Waktu Siklus Untuk Produk FW- CJM .....                             | 54 |
| Tabel 4.4 Waktu Siklus Untuk Produk FW- 4D33 .....                            | 55 |
| Tabel 4.5 Waktu Siklus Untuk Produk FW- 4D34 .....                            | 55 |
| Tabel 4.6 Waktu Siklus Untuk Produk FW- SLD.....                              | 56 |
| Tabel 4.7 Data Permintaan Produk <i>Fly Wheel</i> Bulan Januari 2017 .....    | 57 |
| Tabel 4.8 Rekapitulasi Uji Kenormalan Data Produk FW-CJM .....                | 58 |
| Tabel 4.9 Rekapitulasi Uji Kenormalan Data Produk FW-4D33 .....               | 59 |
| Tabel 4.10 Rekapitulasi Uji Kenormalan Data Produk FW-4D34 .....              | 59 |
| Tabel 4.11 Rekapitulasi Uji Kenormalan Data Produk FW-SLD.....                | 60 |
| Tabel 4.12 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Produk FW-CJM.....                 | 65 |
| Tabel 4.13 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Produk FW-SLD .....                | 65 |
| Tabel 4.14 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Produk FW-4D34.....                | 66 |
| Tabel 4.15 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Produk FW-4D33.....                | 66 |
| Tabel 4.16 Faktor Penyesuaian Proses <i>Finish Lathe 1</i> .....              | 68 |
| Tabel 4.17 Faktor Kelonggaran Proses <i>Finish Lathe 1</i> .....              | 68 |
| Tabel 4.18 Faktor Penyesuaian Proses <i>Finish Lathe 2</i> .....              | 69 |
| Tabel 4.19 Faktor Kelonggaran Proses <i>Finish Lathe 2</i> .....              | 70 |
| Tabel 4.20 Rekapitulasi Waktu Standar Tiap Proses Pada Tiap Mesin.....        | 70 |
| Tabel 4.21 Rekapitulasi Waktu Proses .....                                    | 72 |
| Tabel 4.22 Rekapitulasi Waktu Proses Setelah Dikonversi Dalam Satuan Jam .... | 73 |
| Tabel 4.23 <i>Mekespan</i> Penjadwalan Perusahaan Dengan Metode FCFS.....     | 73 |
| Tabel 4.24 Data Waktu Proses Tiap Job Pada Tiap Mesin .....                   | 74 |
| Tabel 4.25 Urutan Job Berdasarkan Waktu Proses Terbesar .....                 | 74 |

|            |                                                                       |    |
|------------|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 4.26 | Penjadwalan Parsial Urutan Job 4-1 .....                              | 75 |
| Tabel 4.27 | Penjadwalan Parsial Urutan Job 1-4 .....                              | 75 |
| Tabel 4.28 | Penjadwalan Parsial Urutan Job 4-1-3 .....                            | 76 |
| Tabel 4.29 | Penjadwalan Parsial Urutan Job 4-3-1 .....                            | 77 |
| Tabel 4.30 | Penjadwalan Parsial Urutan Job 3-4-1 .....                            | 78 |
| Tabel 4.31 | Penjadwalan Parsial Urutan Job 4-1-3-2.....                           | 80 |
| Tabel 4.32 | Penjadwalan Parsial Urutan Job 4-1-2-3.....                           | 80 |
| Tabel 4.33 | Penjadwalan Parsial Urutan Job 4-2-1-3.....                           | 81 |
| Tabel 4.34 | Penjadwalan Parsial Urutan Job 2-4-1-3.....                           | 82 |
| Tabel 4.35 | Daftar Pengurutan Untuk Job 1 Sebagai Urutan Pertama.....             | 84 |
| Tabel 4.36 | Penambahan Waktu Proses Job 1 Sebagai Urutan Pertama.....             | 84 |
| Tabel 4.37 | Perhitungan <i>Complation Time</i> Job 1 Sebagai Urutan Pertama ..... | 85 |
| Tabel 4.38 | Perhitungan Nilai <i>Makespan</i> Job 1 Sebagai Urutan Pertama .....  | 85 |
| Tabel 4.39 | Daftar Pengurutan Untuk Job 2 Sebagai Urutan Pertama.....             | 85 |
| Tabel 4.40 | Penambahan Waktu Proses Job 2 Sebagai Urutan Pertama.....             | 86 |
| Tabel 4.41 | Perhitungan <i>Complation Time</i> Job 2 Sebagai Urutan Pertama ..... | 86 |
| Tabel 4.42 | Perhitungan Nilai <i>Makespan</i> Job 2 Sebagai Urutan Pertama .....  | 86 |
| Tabel 4.43 | Daftar Pengurutan Untuk Job 3 Sebagai Urutan Pertama.....             | 87 |
| Tabel 4.44 | Penambahan Waktu Proses Job 3 Sebagai Urutan Pertama.....             | 87 |
| Tabel 4.45 | Perhitungan <i>Complation Time</i> Job 3 Sebagai Urutan Pertama ..... | 87 |
| Tabel 4.46 | Perhitungan Nilai <i>Makespan</i> Job 3 Sebagai Urutan Pertama .....  | 88 |
| Tabel 4.47 | Daftar Pengurutan Untuk Job 4 Sebagai Urutan Pertama.....             | 88 |
| Tabel 4.48 | Penambahan Waktu Proses Job 4 Sebagai Urutan Pertama.....             | 88 |
| Tabel 4.49 | Perhitungan <i>Complation Time</i> Job 4 Sebagai Urutan Pertama ..... | 89 |
| Tabel 4.50 | Perhitungan Nilai <i>Makespan</i> Job 4 Sebagai Urutan Pertama .....  | 89 |
| Tabel 4.51 | Daftar Pengurutan Untuk Job 1 Sebagai Urutan Kedua .....              | 89 |
| Tabel 4.52 | Penambahan Waktu Proses Job 1 Sebagai Urutan Kedua .....              | 90 |
| Tabel 4.53 | Perhitungan <i>Complation Time</i> Job 1 Sebagai Urutan Kedua.....    | 90 |
| Tabel 4.54 | Perhitungan Nilai <i>Makespan</i> Job 1 Sebagai Urutan Kedua .....    | 90 |

|            |                                                                                |     |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4.55 | Daftar Pengurutan Untuk Job 2 Sebagai Urutan Kedua .....                       | 91  |
| Tabel 4.56 | Penambahan Waktu Proses Job 2 Sebagai Urutan Kedua .....                       | 91  |
| Tabel 4.57 | Perhitungan <i>Complation Time</i> Job 2 Sebagai Urutan Kedua.....             | 91  |
| Tabel 4.58 | Perhitungan Nilai <i>Makespan</i> Job 2 Sebagai Urutan Kedua .....             | 92  |
| Tabel 4.59 | Daftar Pengurutan Untuk Job 3 Sebagai Urutan Kedua .....                       | 92  |
| Tabel 4.60 | Penambahan Waktu Proses Job 3 Sebagai Urutan Kedua .....                       | 92  |
| Tabel 4.61 | Perhitungan <i>Complation Time</i> Job 3 Sebagai Urutan Kedua .....            | 93  |
| Tabel 4.62 | Perhitungan Nilai <i>Makespan</i> Job 3 Sebagai Urutan Kedua .....             | 93  |
| Tabel 4.63 | Perhitungan Nilai <i>Makespan</i> Job 2-3 .....                                | 93  |
| Tabel 4.64 | Perhitungan <i>Nilai Makespan</i> Job 3-2 .....                                | 94  |
| Tabel 4.65 | Perhitungan <i>Nilai Makespan</i> Dengan Metode <i>Heuristic Pour</i> .....    | 94  |
| Tabel 4.66 | Hasil Perhitungan Waktu Proses Untuk Menentukan Urutan Job<br>Metode CDS ..... | 100 |
| Tabel 4.67 | Urutan Produksi Yang Dihasilkan Pada Setiap Tahap.....                         | 101 |
| Tabel 4.68 | Perhitungan <i>Makespan</i> urutan Pekerjaan J4-J1-J2-J3.....                  | 102 |
| Tabel 4.69 | Perhitungan <i>Makespan</i> urutan Pekerjaan J4-J1-J3-J2.....                  | 102 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran A Uji Kenormalan Data

Lampiran B Uji Keseragaman Data

Lampiran C Uji Kecukupan Data

Lampiran D Waktu Siklus, Waktu Normal dan Waktu Standar

Lampiran E Waktu Proses

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Seiring dengan pesatnya perkembangan dalam dunia industri, khususnya dalam industri manufaktur, maka setiap industri saling bersaing untuk merespon permintaan konsumen. Permintaan akan suatu produk semakin tinggi, sehingga perusahaan diharapkan dengan waktu produksi yang ada untuk menghasilkan suatu produk, industri-industri tersebut dapat melakukan proses produksi secara optimal dan efisien. Dengan perkembangan teknologi industri yang ada pada saat ini, maka bukan menjadi suatu halangan bagi para industri untuk saling bersaing dalam menghasilkan suatu produk yang baik dengan tingkat pelayanan yang tinggi. Akan tetapi, perlu diperhatikan dengan semakin tingginya tingkat permintaan konsumen akan suatu produk, maka perlu memperhatikan proses produksi yang sudah terdapat pada perusahaan. Hal ini akan berkaitan dengan pemenuhan permintaan konsumen akan suatu produk dengan kualitas yang baik dan waktu produksi yang efisien. Dengan melakukan optimalisasi dan efisiensi produksi, diharapkan pelayanan terhadap permintaan konsumen menjadi lebih baik sehingga mampu meningkatkan pangsa pasar dari industri itu sendiri.

Oleh sebab itu, perlu adanya perbaikan-perbaikan yang mencakup secara keseluruhan dengan cara perbaikan berkelanjutan, dan bertahap pada setiap masing-masing industri, agar pemenuhan terhadap permintaan konsumen menjadi lebih baik. Salah satu hal yang perlu menjadi perhatian bagi industri ialah mengenai penjadwalan. Penjadwalan mempunyai peranan penting dalam suatu proses produksi, karena dengan penjadwalan yang baik perusahaan akan mengetahui kapan pesanan konsumen dapat terpenuhi, dan bagaimana proses produksinya. Sehingga penjadwalan yang baik dengan menggunakan metode terbaik akan memberikan dampak yang baik dengan berjalannya proses produksi secara optimal dan efisien.

PT Braja Mukti Cakra merupakan suatu perusahaan yang bergerak dalam industri otomotif, yang memproduksi berbagai komponen pada kendaraan seperti mobil, bus, dan truk. Salah satu produk yang dihasilkan adalah *Fly Wheel* atau biasa disebut roda gila. *Fly Wheel (FW)* yang dihasilkan oleh PT Braja Mukti Cakra memiliki banyak tipe, antara lain *FW-CJM*, *FW-SLD*, *FW 4D34*, dan *FW 4D33*. Proses produksi *Fly Wheel* yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap proses produksi seperti : *lathing-finish 1*, *lathing-finish 2*, *drilling*, *lathing-finish 3*, *heater*, *pressing* dan *balancing*. Untuk lini *Fly Wheel* proses produksi yang dilakukan untuk menghasilkan suatu unit produk dan dalam rangka untuk memenuhi permintaan konsumen.

Penjadwalan produksi pada lini *Fly Wheel* di PT Braja Mukti Cakra mengalami kesulitan dalam memenuhi permintaan konsumen, khususnya untuk produk yang dijadwalkan dikerjakan paling akhir. Hal ini disebabkan karena penjadwalan produksi pada lini *Fly Wheel* belum memiliki penjadwalan secara matematis, penjadwalan yang dilakukan perusahaan hanya berdasarkan orderan yang pertama kali masuk akan diprioritaskan untuk dikerjakan terlebih dahulu sedangkan yang lain dikerjakan setelahnya, tanpa mempertimbangkan waktu proses yang dibutuhkan. Adapun dampak yang ditimbulkan ketika penjadwalan yang dilakukan kurang sesuai maka akan memerlukan waktu keseluruhan untuk mengerjakan *job (makespan)* produksi yang lebih lama dari waktu yang ditargetkan perusahaan, sehingga sisa waktu produksi yang ada untuk memproduksi tipe produk yang lain akan berkurang. Hal ini akan berakibat, tidak mampunya perusahaan dalam memenuhi permintaan konsumen. Sistem penjadwalan yang dilakukan pada saat ini adalah dengan menggunakan sistem *first come first served*. Dalam penelitian ini diajukan penjadwalan produksi dengan menggunakan metode penjadwalan Algoritma *Nawaz Enscore and Ham (NEH)*, Algoritma *Heuristic Pour* dan Algoritma *Campbell Dudeck Smith (CDS)* yang memiliki tujuan utama meminimasi *makespan*.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Sesuai dengan latar belakang tersebut, maka perumusan masalah pada permasalahan ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengurutan penjadwalan yang tepat dengan metode penjadwalan NEH, *Heuristic Pour* dan CDS?
2. Bagaimana menentukan metode terbaik dalam untuk meminimasi *makespan* dalam penjadwalan di PT Braja Mukti Cakra?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian yang harus dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan urutan penjadwalan produksi yang optimal berdasarkan metode perusahaan, NEH, *Heuristic Pour* dan CDS.
2. Menghasilkan metode terbaik untuk meminimasi *makespan* dalam penjadwalan di PT Braja Mukti Cakra.

### **1.4 Pembatasan Masalah**

Adanya pembatasan masalah yang dilakukan agar ruang lingkup pembahasan masalah menjadi fokus dan tidak menyimpang dari penelitian. Berikut ini adalah batasan-batasan masalah yang dilakukan dalam penelitian, yaitu:

1. Penelitian dilaksanakan di PT Braja Mukti Cakra, Bekasi Utara, Bekasi Jawa Barat.
2. Kegiatan penelitian dilakukan pada lini *Fly Wheel* dengan type produk yang sering dipesan yaitu, *FW CJM*, *SLD*, *4D34* dan *4D33*.
3. Pada penelitian ini mempergunakan data permintaan bulan Januari 2017 tanpa adanya perhitungan jumlah material dan kebutuhan tenaga kerja.
4. Keperluan peralatan dan gangguan-gangguan seperti kerusakan, pembatalan dan perubahan jumlah produksi tidak diperhitungkan.
5. Persediaan baku dianggap sanggup memenuhi kebutuhan yang diperlukan sehingga tidak mengganggu proses produksi
6. Penelitian yang dilakukan tidak membahas biaya produksi (biaya bahan baku, biaya penjualan, biaya pembelian dan biaya lembur).

### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari hasil penelitian ini adalah :

1. Bagi Penulis
  - a. Mengetahui perbandingan tentang teori penjadwalan produksi, khususnya dengan metode Algoritma *Nawaz, Enscore and Ham* (NEH), Algoritma *Heuristic Pour* dan Algoritma *Cambell Dudeck Smith* (CDS) serta sebagai salah satu alat atau sarana penerapan penjadwalan produksi yang didapat ke dalam sistem penjadwalan produksi perusahaan.
2. Bagi Perusahaan
  - a. Sebagai usulan perbaikan terhadap perusahaan tentang penjadwalan produksi metode Algoritma *Nawaz, Enscore and Ham* (NEH), Algoritma *Heuristic Pour* (HP) dan Algoritma *Cambell Dudeck Smith* (CDS) secara terus-menerus dalam segi penjadwalan produksi untuk setiap tahunnya.
3. Bagi Peneliti Lain
  - a. Memberikan pemahaman serta menambah wawasan tentang metode Algoritma *Nawaz Enscore, and Ham*, Algoritma *Heuristic Pour* dan Algoritma *Campbell Dudeck Smith* dalam penjadwalan produksi selanjutnya.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambahkan data kepustakaan agar dapat menjadi tambahan referensi untuk menindaklanjuti hasil penelitian ini dengan mengambil langkah yang berbeda.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan penelitian ini terdiri dari enam (6) bab dengan perincian sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Bab ini berisi tentang teori-teori manajemen produksi, konsep dasar sistem produksi (pengertian, macam-macamnya, dan penjadwalan produksi). Penjadwalan produksi terbagi atas teknik, fungsi, dan macam-macam penjadwalan produksi serta metode urutan penjadwalan pada produk. Semua data tersebut yang mendasari pemecahan permasalahan yang akan dibahas khususnya hal-hal terkait dengan metode pengurutan penjadwalan Algoritma *Nawaz, Enscore and Ham* (NEH), Algoritma *Heuristic Pour* dan Algoritma *Campbell Dudeck Smith* (CDS)

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi langkah-langkah yang akan ditempuh untuk memecahkan masalah. Berisi gambaran, pola pikir, dan langkah-langkah sistematis dari metode penjadwalan Algoritma *Nawaz, Enscore and Ham* (NEH), Algoritma *Heuristic Pour* dan Algoritma *Campbell Dudeck Smith* (CDS). Penjelasan untuk menghitung waktu proses dengan syarat melakukan pengujian data setiap pekerjaan, cara menghitung *makespan* dan mendapatkan urutan yang terbaik dari metode yang ada, dan kemudian dianalisis sehingga dapat menentukan metode apa yang dipakai.

### BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi tentang pengumpulan data yang diperoleh dari data yang bersangkutan dengan penelitian. Data dapat berupa data primer/utama yaitu waktu siklus mesin untuk masing-masing jenis produk, data tipe-tipe produk yang akan diproduksi pada lini *Fly Wheel*, mesin-mesin yang digunakan pada lini *Fly Wheel*. Kemudian berupa data sekunder/pendukung yaitu data umum perusahaan (profil perusahaan, struktur organisasi, deskripsi pekerjaan, kebijakan dan lain-lain), data jumlah permintaan produk bulan Januari 2017 untuk masing-masing produk, serta data-data lain yang terkait dalam penelitian ini.

### BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi analisis dan pembahasan dari hasil pengolahan data bab IV yaitu analisis penjadwalan produksi aktual, analisis penjadwalan produksi dengan metode *Algoritma Nawaz Enscore and Ham*, *Algoritma Heuristic Pour* dan *Algoritma Campbell Dudeck Smith* serta analisis perbandingan metode penjadwalan untuk menentukan metode terbaik.

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan berdasarkan pengolahan data, analisis dan pembahasan. Serta memberikan saran-saran yang membangun sebagai perbaikan bagi perusahaan dimasa yang akan datang.

## DAFTAR PUSTAKA

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengertian Sistem Produksi**

Menurut Gaspersz (2001) sistem produksi adalah sistem integrasi (adanya keterkaitan antar komponen satu sama lain) dari komponen struktural dan fungsional. Komponen struktural yang membentuk sistem produksi terdiri atas bahan material, mesin dan peralatan, tenaga kerja, modal, energi, tanah, informasi, dan lain-lain. Sedangkan komponen fungsional terdiri atas perencanaan, pengendalian, koordinasi, dan kepemimpinan.

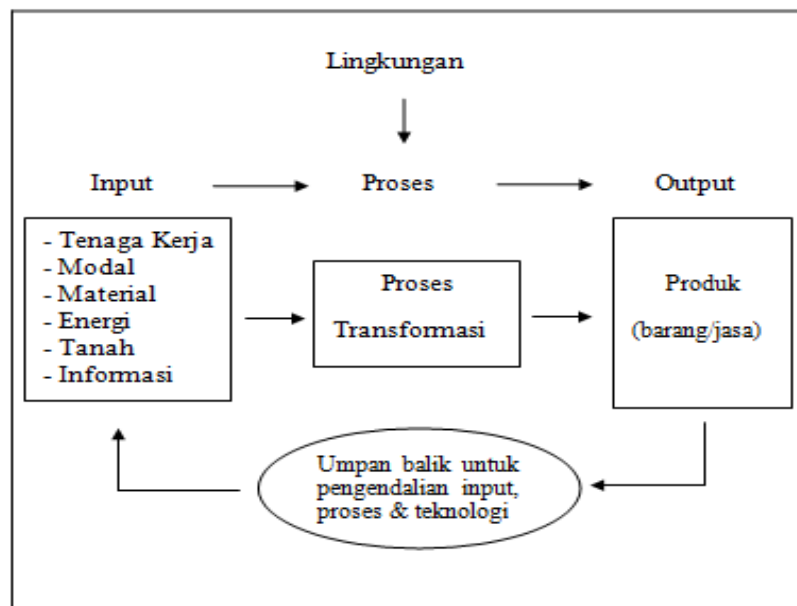
Sistem Produksi menurut Groover (2005), sistem adalah “kumpulan dari manusia, peralatan, dan prosedur-prosedur yang diorganisasikan untuk menyelesaikan kegiatan operasi manufacturing dari orang atau organisasi”. Sistem produksi terdiri dari dua faktor penting yaitu fasilitas dan sistem pendukung manufacturing. Dimana fasilitas dari sistem produksi terdiri dari pabrik, peralatan pabrik, dan cara peralatan tersebut diorganisasikan. Sedangkan sistem pendukung manufakturing terdiri dari prosedur-prosedur yang digunakan perusahaan untuk mengatur produksi dan memecahkan masalah teknis dan logistik dalam hal pemesanan material, pergerakan kerja di dalam pabrik dan memastikan bahwa produk memiliki standar kualitas yang baik.

Sedangkan sistem produksi menurut Nasution (2008) dapat diartikan sebagai kumpulan sub sistem-sub sistem yang saling berinteraksi dengan tujuan mentransformasi input menjadi output. Sub sistem-sub sistem dari sistem produksi antara lain adalah perencanaan dan pengendalian produksi, pengendalian kualitas, penentuan standar-standar operasi, penentuan fasilitas produksi, dan lain-lain. Input produksi dapat berupa bahan baku, tenaga kerja, modal, dan lain-lain. Dan output produksi merupakan produk yang dihasilkan, hasil sampingannya seperti limbah, informasi, dan sebagainya.

Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan sistem produksi terdiri atas dua kata, yaitu sistem dan produksi. Sistem adalah satu kumpulan komponen yang saling berintegrasi untuk menjalankan suatu aktivitas atau suatu proses yang dimulai dari input sampai output, input dalam hal ini meliputi bahan baku yang nantinya akan mengalami proses produksi sehingga akan menghasilkan output berupa produk jadi. Produksi adalah suatu kegiatan yang mengolah bahan baku atau bahan mentah menjadi barang jadi. Sistem produksi di sini dapat diartikan sebagai gabungan dari komponen-komponen yang saling berhubungan dan saling mendukung untuk melaksanakan proses produksi dalam suatu perusahaan.

Sistem produksi memiliki beberapa karakteristik yaitu:

1. Mempunyai komponen-komponen yang saling berkaitan satu sama lain dan membentuk satu kesatuan yang utuh.
2. Mempunyai tujuan yang mendasari keberadaannya, yaitu menghasilkan produk (barang/jasa) berkualitas yang dapat dijual dengan harga bersaing.
3. Mempunyai aktivitas berupa proses transformasi nilai tambah input menjadi output yang efektif dan efisien.
4. Mempunyai mekanisme yang mengendalikan pengoperasiannya, berupa optimalisasi pengalokasian sumber daya.



Gambar 2.1 Skema Sistem Produksi  
(Sumber: Gaspersz, 2001)

## 2.2 Macam-Macam Sistem Produksi

Menurut Nasution (2008) proses produksi merupakan cara, metode, dan teknik untuk menciptakan atau menambah kegunaan suatu produk dengan mengoptimalkan sumber daya operasi produksi yang ada.

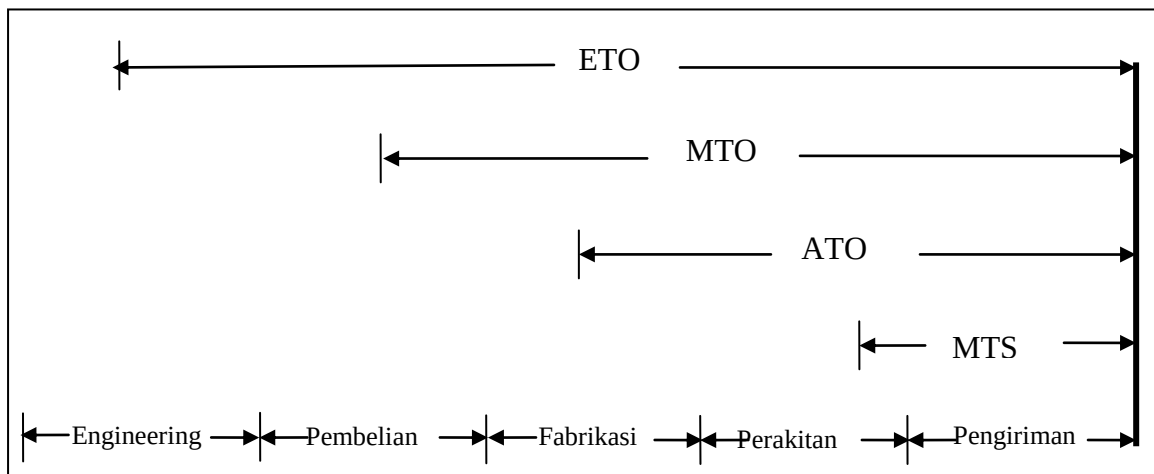
Sistem produksi menurut proses menghasilkan *output* secara ekstrim dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu: proses produksi kontinyu (*Continuous Process*) dan Proses produksi terputus (*Intermittent Process*). Perbedaan pokok antara keduanya yaitu pada lamanya waktu *set up* peralatan produksi. Proses kontinyu tidak memerlukan waktu *set up* yang lama karena proses ini memproduksi secara terus-menerus untuk jenis produk yang sama, misalkan pabrik susu instant Dancow. Sedangkan proses terputus memerlukan total waktu *set up* yang lebih lama karena proses ini memproduksi berbagai jenis spesifikasi barang sesuai pesanan, sehingga adanya pergantian jenis barang yang diproduksi akan membutuhkan waktu *set up* yang berbeda, contohnya usaha perbengkelan. (Nasution, 2008)

Dilihat dari tujuan perusahaan melakukan operasi dalam hubungannya dengan pemenuhan kebutuhan konsumen (Nasution, 2008), maka sistem produksi dibedakan menjadi empat jenis, yaitu:

1. *Engineering To Order* (ETO), yaitu bila pemesan meminta produsen untuk membuat produk yang dimulai dari proses perancangannya.
2. *Assembly To Order* (ATO), yaitu bila produsen membuat desain standar, modul-modul operasional standar yang sebelumnya dan merakit suatu kombinasi tertentu dari modul-modul tersebut sesuai dengan pesanan konsumen. Modul-modul standar tersebut bisa dirakit untuk berbagai tipe produk.

3. *Make To Order* (MTO), yaitu bila produsen menyelesaikan item akhir jika telah menerima pesanan konsumen untuk item tersebut. Bila item tersebut bersifat unik dan mempunyai desain yang dibuat menurut pesanan, maka konsumen mungkin bersedia menunggu hingga produsen dapat menyelesaikannya.
4. *Make To Stock* (MTS), yaitu bila produsen membuat item-item yang diselesaikan dan ditempatkan sebagai persediaan sebelum pesanan konsumen diterima. Item akhir tersebut baru akan dikirim dari sistem persediaannya setelah pesanan konsumen diterima.

*Manufacturing Lead time* (MLT) dari keempat jenis operasi proses produksi tersebut digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2.2 *Lead Time* dari Berbagai Jenis Operasi Proses Produksi  
(Sumber: Nasution, 2008)

### 2.3 Penjadwalan Produksi

Menurut Morton dan Pentico, “penjadwalan adalah suatu proses pengurutan, pemilihan dan penentuan waktu sumber daya yang berguna untuk menyelesaikan semua aktifitas yang diperlukan untuk memproduksi output yang diinginkan pada waktu yang diharapkan, dimana juga terdapat kendala-kendala diantara aktivitas-aktivitas dan sumber daya yang ada” (Sipper, 1997)

Penjadwalan (*scheduling*), menurut Baker (1974) didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber untuk memilih sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu (Ginting, 2009).

Dari definisi diatas dapat disimpulkan, maka terdapat dua elemen penting dalam proses penjadwalan, yakni urutan (*sequence*) *job* yang memberikan solusi optimal dan pengalokasian sumber daya (*resources*). Penjadwalan senantiasa melibatkan pengerjaan sejumlah komponen yang sering disebut dengan *job*. *Job* sendiri merupakan komposisi dari sejumlah elemen-elemen dasar yang disebut dengan aktivitas atau operasi. Tiap aktivitas atau operasi ini membutuhkan alokasi sumber daya tertentu selama periode waktu tertentu yang sering disebut dengan waktu proses. Selain itu sumber daya yang dimaksud meliputi elemen-elemen lain, seperti mesin, transportasi, mesin, waktu tunggu, dan lain-lain.

Untuk memastikan bahwa suatu aliran aktivitas kerja yang berjalan lancar akan melalui kegiatan produksi, maka sistem penjadwalan harus membentuk aktivitas sebagai berikut (Ginting, 2009):

1. *Loading* (pembebanan) melibatkan penyesuaian kebutuhan kapasitas untuk *order-order* yang diterima/diperkirakan dengan kapasitas yang diterima. Pembebanan dilakukan dengan menugaskan *order* pada fasilitas, operator, dan peralatan tertentu.
2. *Sequencing* (Penentuan urutan) penugasan tentang order-order mana yang harus diprioritaskan untuk diproses dahulu bila suatu fasilitas harus memproses banyak *job*.
3. *Dispatching* (Prioritas jenis pekerjaan), prioritas kerja tentang jenis pekerjaan mana yang diseleksi dan di prioritaskan untuk diproses.
4. Pengendalian kinerja penjadwalan. Meninjau kembali status pesanan-pesanan pada saat melalui sistem tertentu, untuk mengatur kembali urutan-urutan, misalnya pesanan yang jauh dibelakang atau mempunyai prioritas utama.
5. *Updating schedule*, pelaksanaan jadwal dilakukan sebagai refleksi kondisi operasi yang terjadi dengan merevisi prioritas-prioritas.

Menurut Baker, 1974 Model penjadwalan dapat dibedakan menjadi 4 jenis keadaan sebagai fungsi penjadwalan dapat berjalan dengan baik, yaitu:

1. Pola aliran proses dapat berupa aliran *Jobshop* atau *flowshop*.
2. Mesin yang digunakan dapat berupa proses dengan mesin tunggal dan majemuk (seri atau paralel).
3. Pola kedatangan pekerjaan statis (jenis pekerjaan datang secara bersamaan) atau dinamis (jenis pekerjaan datang tidak tentu).
4. Sifat informasi yang diterima dapat bersifat deterministic (informasi pasti) atau stokastik (informasi tidak pasti).

### 2.3.1 Parameter Performansi

Dalam penjadwalan ada beberapa performansi parameter yang digunakan untuk mengukur metode terbaik yaitu *Efficiency Index* (EI) adalah perbandingan metode terbaik dengan metode yang digunakan perusahaan dirumuskan sebagai berikut:

$$EI = \frac{F_{max} - \text{metode perusahaan}}{F_{max} - \text{Metode terbaik}}$$

Bila  $EI = 1$  maka kedua metode maka memiliki performansi yang sama, bila  $EI < 1$  maka metode terbaik memiliki performansi yang kurang baik disbanding dengan metode yang digunakan perusahaan. *Relative Error* (RE) digunakan untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan *makespan* yang dihasilkan oleh kedua metode, yang dapat dihitung sebagai berikut:

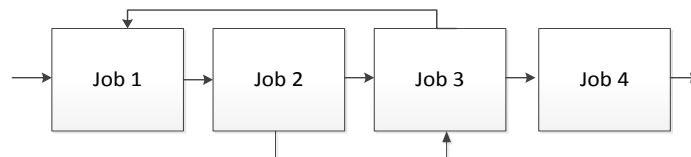
$$RE = \frac{F_{max} \text{ metode perusahaan} - F_{max} \text{ metode terbaik}}{F_{max} \text{ metode perusahaan}} \times 100\%$$

### 2.3.2 Jenis-Jenis Penjadwalan Produksi

Berdasarkan urutan produksi, penjadwalan produksi memiliki dua tipe, yaitu sebagai berikut (Nasution, 2003):

## 1. Penjadwalan Produksi Tipe *Job Shop*

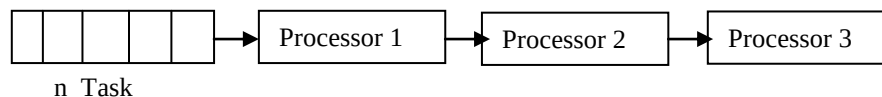
*Job shop* adalah proses pengurutan untuk lintasan produk yang tidak beraturan. Secara umum penjadwalan *job shop* dikenal dengan sekumpulan mesin-mesin dan sekumpulan pekerjaan yang akan dijadwalkan. Penjadwalan *job shop* adalah pola alir dari  $N$  *job* melalui  $M$  mesin dengan pola alir sembarang. Selain itu penjadwalan *job shop* dapat berarti setiap *job* dapat dijadwalkan pada satu atau beberapa mesin yang mempunyai pemrosesan sama atau berbeda. Aliran kerja *job shop* adalah sebagai berikut:



Gambar 2.3 Pola Aliran Penjadwalan *Job Shop*  
(Sumber: Nasution, 2003)

## 2. Penjadwalan Produksi Tipe *Flow Shop*

*Flow shop* adalah proses penentuan urutan pekerjaan yang memiliki lintasan produk yang sama. Model flow shop operasi dari suatu pekerjaan hanya dapat bergerak satu arah yaitu dari proses awal sampai dengan proses akhir, diantara proses-proses tersebut tidak memungkinkan untuk kembali ke proses sebelumnya.



Gambar 2.6 Pola Aliran Penjadwalan *Flow Shop*  
(Sumber: Nasution, 2003)

Penjadwalan *job shop* berbeda dengan penjadwalan *flow shop*, hal ini disebabkan karena (Nasution, 2008):

- a. *Job shop* menangani variasi produk yang sangat banyak, dengan pola aliran yang berbeda-beda melalui pusat-pusat kerja.
- b. Peralatan pada *job shop* digunakan secara bersama-sama oleh bermacam-macam *order* dalam prosesnya, sedangkan peralatan pada *flow shop* digunakan khusus hanya satu jenis produk.
- c. *Job-job* yang berbeda mungkin ditentukan oleh prioritas yang berbeda pula. Hal ini mengakibatkan *order* tertentu yang dipilih harus diproses seketika pada saat *order* tersebut ditugaskan pada suatu pusat kerja. Sedangkan pada *flow shop* tidak terjadi permasalahan seperti diatas karena keseragaman *output* yang diproduksi untuk persediaan. Prioritas *order flow shop* dipengaruhi terutama pada pengirimannya dibandingkan tanggal pemrosesan.

Pada penjadwalan *job shop*, sebuah operasi dinyatakan sebagai triplet (i,j,k) yang berarti operasi ke j, *job* ke-i, membutuhkan mesin ke-k. dengan pola *job shop*. Dalam penjadwalan produksi tipe *job shop* terdapat metode-metode yang dapat digunakan guna menyelesaikan masalah penjadwalan tipe ini ada dua macam yaitu Metode penjadwalan *Active* dan Metode penjadwalan *Non Delay*.

### **2.3.3 Penjadwalan Tipe Flow Shop**

Penjadwalan *flow shop* adalah pola alir dari n buah *Job* yang melalui proses yang sama (searah). Model *flow shop* merupakan sebuah pekerjaan yang dianggap sebagai kumpulan dari operasi-operasi dimana diterapkannya sebuah struktur presenden khusus. Penjadwalan *flow shop* dicirikan oleh adanya aliran kerja yang satu arah dan tertentu. Pada dasarnya ada beberapa macam pola *flow shop* yaitu :

- a. *Flow shop* murni

Kondisi dimana sebuah *job* diharuskan menjalani satu kali proses untuk tiap-tiap tahapan proses. Misalnya, masing-masing *job* melalui mesin 1, kemudian mesin 2, mesin 3 dan seterusnya sampai dengan mesin pada proses yang paling akhir.

b. *Flow shop* umum

Kondisi dimana sebuah *job* boleh melalui seluruh mesin produksi, dimana mulai awal sampai dengan yang terakhir. Dan selain itu sebuah *job* boleh melalui beberapa mesin tertentu, yang mana mesin tersebut masih berdekatan dengan mesin-mesin lainnya dan masih satu arah lintasannya.

Dalam penjadwalan produksi tipe *flow shop* terdapat metode-metode yang dapat digunakan guna menyelesaikan masalah penjadwalan tipe ini, metode itu adalah (Ginting, 2009):

1. *Metode Algoritma Nawaz Enscore and Ham*
2. *Metode Algoritma Heuristic Pour*
3. *Metode Campbell Dudeck Smith*

#### **2.4 Pengurutan Pekerjaan (*Job Sequencing*)**

Problem *job sequencing* merupakan salah satu dari kebanyakan problem yang paling menarik dari analisa produksi. Permasalahan-permasalahan dalam *job sequencing* amatlah kompleks dan masih jauh dari penyelesaian yang memberikan solusi lengkap dan menyeluruh.

Problem *job sequencing* dapat dinyatakan sebagai berikut misalkan terdapat *N* *job* yang harus dikerjakan, dimana masing-masing pekerjaan tersebut memiliki *setup time*, *Processing time*, serta *due date*. Untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dibutuhkan suatu proses pada beberapa mesin. Konsekuensinya diperlukan suatu urutan untuk pekerjaan-pekerjaan tersebut agar diperoleh suatu pengurutan (jadwal) yang optimal untuk kriteria *performance* tertentu.

Teknik atau metode penjadwalan produksi sangat tergantung pada jenis produksinya. penjadwalan pada produksi *job shop* akan berbeda dengan penjadwalan pada produksi massal dan proyek. Pengaturan pekerjaan merupakan problem yang cukup penting dalam analisis produksi. Problem yang dihadapi karena adanya banyak *job* dan ketersediaan mesin yang terbatas. *Job sequencing* bertujuan untuk mencapai kriteria *performance* tertentu yang optimal. Oleh karena itu, perlu di pahami istilah-istilah dan variabel yang sering digunakan dalam penjadwalan produksi,

dimana variabel  $i$  merupakan pekerjaan dan variabel  $j$  merupakan operasi (Ginting, 2009) :

- Waktu Penyelesaian/*Completion Time* ( $C_i$ )

Yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan mulai dari saat tersedianya pekerjaan ( $t=0$ ) sampai pada pekerjaan tersebut selesai dikerjakan.

- *Completion time*, rentang waktu antara awal dari tugas pada pekerjaan pertama, dimana waktunya mengacu pada  $t = 0$ , dengan waktu ketika tugas selesai.

- Waktu Proses ( $t_i$ )

Waktu Proses adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan suatu pekerjaan penjadwalan. Dalam waktu proses ini sudah termasuk waktu persiapan (*setup*) selama proses berlangsung.

- *Makespan* (Total Waktu Produksi) ( $M_s$ )

*Makespan* adalah total waktu penyelesaian pekerjaan-pekerjaan dari urutan pertama yang dikerjakan pada mesin atau *work center* pertama sampai kepada urutan pekerjaan terakhir pada mesin atau *work center*.

$$M_s = \sum_{i=1}^n t_i$$

Dimana :

$n$  = jumlah pekerjaan yang ada.

$t_i$  = waktu proses pekerjaan ke -  $i$

- *Due Date* ( $d_i$ )

*Due date* adalah batas waktu operasi terakhir dari pekerjaan ke  $i$  yang harus diselesaikan.

- *Lateness* ( $L_i$ )

*Lateness* adalah selisih antara *Completion time* dengan *due date*.

$L_i = C_i - d_i$

Dimana :

$C_i$  adalah waktu penyelesaian dari pekerjaan ke  $i$

$d_i = \text{Due date}$  pekerjaan ke  $i$

$L_i < 0$ , jika penyelesaian memenuhi batas akhir

$L_i > 0$ , jika penyelesaian melewati batas akhir

- *Tardiness* ( $T_i$ )

*Tardiness* adalah keterlambatan penyelesaian suatu pekerjaan dari saat due date. Jika sebuah pekerjaan dapat diselesaikan lebih awal dari batas waktu yang telah ditentukan, maka pekerjaan tersebut dikatakan memiliki keterlambatan negatif dan *zero tardiness*. Namun apabila sebuah pekerjaan memiliki keterlambatan yang positif maka juga memiliki positif *tardiness*.

$$T_i = \max \{0, L_i\}$$

- *Earliness* ( $E_i$ )

Merupakan *lateness* yang bernilai negatif, dimana pekerjaan selesai dikerjakan sebelum *due date* yang ditentukan.

$$E_i = \min \{L_i, 0\}$$

Dimana :

$E_i = \text{Earliness}$

$L_i = \text{Lateness}$  pekerjaan ke  $i$

- *Ready Time* ( $r_i$ ), yaitu saat dimana pekerjaan  $i$  siap dijadwalkan.

- *Waiting Time* ( $W_i$ )

Yaitu waktu tunggu untuk memulai proses pekerjaan  $i$  setelah pekerjaan ke  $i-1$  setelah selesai diproses.

- *Flow time* ( $F_j$ ) dan *Mean Flow Time* (MFT)

Yaitu lamanya pekerjaan  $i$  berada pada suatu stasiun kerja, rentang waktu antara saat pekerjaan  $i$  tiba di stasiun kerja hingga pekerjaan tersebut selesai diproses. Atau dengan kata lain *flow time* merupakan penambahan antara waktu proses dengan waktu menunggu sebelum diproses. Sedangkan *Mean Flow Time* adalah rata-rata waktu proses dibagi dengan jumlah *job*.

$$MFT = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n F_j$$

Dimana  $F_j = t_j + W_j$

Dimana :

$F_j$  = *Flow Time*

MFT = *Mean flow time*

$t_j$  = waktu proses pekerjaan ke - i

$W_j$  = waktu tunggu pekerjaan ke - i

- *Mean Lateness ( Ls )*

Yaitu rata-rata keterlambatan dari seluruh pekerjaan yang memiliki *due date* masing-masing.

$$Ls = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (c_i - d_i)$$

Dimana :

$Ls$  = *Mean Lateness*

$d_i$  = *Due date* pekerjaan ke - i

$c_i$  = *completion time* pekerjaan ke - i

- *Mean Tardiness*

$$Ts = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n T_i$$

Dimana :

$Ts$  = *Mean Tardiness*

$T_i$  = *Tardiness* pekerjaan ke - i

- *Number of tardy jobs ( Nt )*

Yaitu jumlah pekerjaan yang mengalami keterlambatan.

$$Nt = \sum_{j=1}^n \delta(T_j)$$

Dimana :

$\delta(T_j) = 1$  jika  $T_j > 0$

$\delta(T_j) = 0$  jika  $T_j \leq 0$

$Nt$  = number of tardy pekerjaan

$T_i$  = Tardiness pekerjaan ke – i

Ukuran keberhasilan dari suatu pelaksanaan aktivitas penjadwalan dapat diamati melalui beberapa parameter, seperti berikut (Nasution, 2008):

- Minimasi *Makespan* :  $C_{\max} = \max \{C_i\}$
- Minimasi *Mean flow* :  $\text{Min} ( F = \frac{1}{n} \sum F_j )$
- Minimasi *Mean Tardiness* :  $T_s = \frac{1}{n} \sum T_i$
- Minimasi Maksimum *Flow Time* :  $F = \max (F_i)$
- Minimasi *Mean Lateness* :  $L = \frac{1}{n} \sum L_i$
- Minimasi Maksimum *Tardiness* :  $T_{\max} = \max (T_i)$

Menurut Nasution, 2008 Faktor yang mempengaruhi pelayanan atau pengerjaan suatu *job* adalah:

1. Jumlah *job* yang harus dijadwalkan
2. Jumlah mesin yang tersedia
3. Tipe manufaktur (*flow shop* atau *job shop*)
4. Pola kedatangan *job* (statik atau dinamik)

Menurut Baker , masalah terdiri atas kegiatan minimasi waktu antara waktu pelaksanaan *job* pertama pada mesin yang pertama dengan waktu penyelesaian pelaksanaan *job* terakhir pada mesin yang terakhir, maka waktu tersebut dinamakan *mkaespan*. Dengan kata lain, tujuannya adalah menemukan urutan *job* yang dapat meminimalkan *makespan*. (Ginting, 2009)

#### 2.4.1 Penjadwalan “n” Jenis Pekerjaan pada ‘m’ Mesin Tunggal

Algoritma prioritas memberikan panduan untuk urutan pekerjaan yang harus dilaksanakan. Algoritma prioritas ini secara khusus bisa diterapkan untuk fasilitas yang berfokus pada proses seperti klinik, percetakan, dan perusahaan manufaktur. Algoritma prioritas mencoba untuk mengurangi waktu penyelesaian, jumlah pekerjaan dalam sistem, dan keterlambatan kerja sementara penggunaan fasilitas bisa maksimum.

Adapun macam-macam algoritma penjadwalan yang ditentukan dari prioritas urutannya yang dikenal, yaitu (Nasution, 2008):

1. *Firs Come First Serve* (FCFS)

Pekerjaan yang datang lebih dahulu di pusat kerja, maka akan diproses lebih dulu.

2. *Shortest Processing Time* (SPT)

Pekerjaan yang waktu prosesnya paling singkat akan diproses lebih dahulu. Metode ini bertujuan untuk meminimumkan rata-rata waktu proses dan rata-rata keterlambatan.

3. *Earlist Due Date* (EDD)

Pekerjaan yang *due date*-nya paling pendek atau paling cepat akan diproses lebih dulu. Sehingga penjadwalan dilakukan dengan mendahulukan pekerjaan yang mempunyai waktu batas akhir yang paling cepat. Metode ini bertujuan untuk meminimumkan keterlambatan maksimum.

4. *Longest Processing Time* (LPT)

Pekerjaan yang mempunyai waktu proses terbesar atau terlama akan diproses terlebih dahulu.

5. *Random Selection*

Pekerjaan-pekerjaan yang diproses terlebih dahulu (urutannya) dipilih secara acak.

Pada kenyataannya di lapangan tidak ada algoritma prioritas yang selalu baik untuk semua kriteria. Pengalaman menunjukkan hal-hal berikut ini:

1. Waktu pemrosesan Paling Pendek (*Shortest Processing Time*) biasanya merupakan teknik paling bagus untuk meminimasi aliran pekerjaan dan meminimasi rata-rata pekerjaan dalam sistem. Kelemahan utama adalah bahwa pekerjaan yang memerlukan waktu lama mungkin bisa ditekan terus-menerus dalam prioritas mengerjakan pekerjaan yang memerlukan waktu pendek. Pelanggan mungkin melihat ini dengan samar/tidak jelas, dan penyesuaian secara periodik harus dilakukan.
2. Datang pertama dilayani pertama tidak memberikan nilai yang bagus pada hampir semua kriteria (tapi juga tidak memberikan skor dengan sangat jelek). Ini memiliki keunggulan, bagaimanapun juga, terlihat adil bagi pelanggan yang mana merupakan hal sangat penting di sistem jasa.

#### **2.4.2 Mengurutkan Pekerjaan N Pada Dua Mesin: Aturan Johnson**

Aturan Johnson menekankan pada pengaturan pekerjaan  $n$  (dimana  $n$  adalah 2 atau lebih) harus dilakukan dengan dua mesin atau pusat-pusat pekerjaan di atur yang sama. Ini disebut dengan problem  $N/2$ .

Aturan Johnson bisa digunakan untuk meminimasi waktu pemrosesan untuk mengurutkan suatu kelompok pekerjaan melalui dua fasilitas. Aturan Johnson juga meminimasi total waktu menganggur pada mesin. Aturan Johnson meliputi empat tahap atau langkah yaitu :

1. Semua mesin harus dicantumkan dan masing-masing waktu yang dibutuhkan oleh sebuah mesin harus ditunjukkan
2. Pilihlah pekerjaan dengan waktu aktivitas yang paling pendek. Jika waktu yang paling pendek terdapat pada mesin pertama, maka pekerjaan dijadwalkan pertama kali. Jika waktu paling pendek terdapat pada mesin kedua, pekerjaan dijadwalkan paling akhir. Kemacetan dalam waktu aktivitas bisa dibagi-bagi.
3. Sekali suatu pekerjaan telah dijadwalkan, sisihkan pekerjaan itu.

4. terapkan tahap 2 dan tahap 3 ke pekerjaan yang masih tersisa, bekerja ke arah pusat aturan itu

#### 2.4.3 Mengurutkan Pekerjaan N pada Tiga Mesin

Pengurutan pekerjaan atau *job* pada 3 mesin secara optimal dapat dilakukan dengan metode yaitu:

1. Menggunakan aturan Johns's untuk kasus tertentu

Misalnya, mesin dengan urutan proses M1, M2, M3. Semua *job* mempunyai urutan pengerjaan yang sama. Waktu proses *job* 1 pada mesin *j* disimbolkan dengan  $t_{ij}$ . Algoritma Johnson untuk dua mesin dapat diaplikasikan pada problem *n job* tiga mesin bila memenuhi:

$$\text{Min } t_{i1} \geq \text{Max } t_{i2} \text{ atau}$$

$$\text{Min } t_{i3} \geq \text{Max } t_{i2}$$

Dengan kata lain, minimal waktu proses pada semua *job* pada mesin 1 dan 3 harus lebih besar dari waktu proses terpanjang pada mesin 2. Untuk mengaplikasikan algoritma Johnson, waktu proses 3 mesin dirancang ulang menjadi 2 mesin (M1', M2') dengan aturan:

- b. Waktu proses *job* pada M1' =  $t_{i1} + t_{i2}$  dan waktu proses pada M2' =  $t_{i3} + t_{i2}$
- c. Algoritma Johnson diaplikasikan pada M1' dan M2'

#### 2.5 Metode Algoritma Nawaz Ensore and Ham (NEH)

Algoritma Metode ini dikembangkan oleh Nawaz, Ensore and Ham pada tahun 1983. Metode ini juga disebut metode *Incremental Construction Algorithms*. Algoritma adalah logika, metode, dan tahapan (urutan) sistematis yang digunakan untuk memecahkan suatu permasalahan. Algoritma dapat juga diartikan sebagai urutan langkah secara sistematis dan logis. Dalam perkembangannya, algoritma banyak dipakai di bidang komputer. Nawaz, Ensore, and Ham dalam buku Ginting (2009) mengusulkan algoritma heuristik dengan pekerjaan yang memiliki total waktu proses lebih besar dari pekerjaan lain seharusnya diberi bobot yang lebih tinggi dari pada total waktu proses yang lebih kecil, sehingga dapat meminimumkan *makespan*.

Algoritma NEH dapat ditunjukkan melalui langkah-langkah berikut:

Langkah 1:

- a. Jumlah waktu proses setiap *job*.
- b. Urutkan *job-job* menurut jumlah waktu prosesnya dimulai dari yang terbesar hingga yang terkecil.
- c. Hasil urutan ini disebut dengan daftar pengurutan *job-job*.

Langkah 2:

- a. Set  $k = 2$
- b. Ambil *job* yang menempati urutan pertama dan kedua pada daftar pengurutan *job-job*.
- c. Buat dua alternatif calon urutan parsial
- d. Hitung setiap *makespan* parsial dan *mean flow time* parsial dari calon urutan parsial baru
- e. Pilih calon urutan parsial baru yang memiliki *makespan* parsial yang terkecil. Jika ada urutan calon parsial baru memiliki *makespan* yang sama, pilihlah calon urutan *mean flow time* parsial yang lebih kecil. Jika sama juga pilihlah calon urutan parsial baru tadi secara acak
- f. Calon urutan parsial baru yang terpilih menjadi urutan parsial baru
- g. Coret *job-job* yang diambil tadi dari daftar pengurutan *job-job*
- h. Periksa apakah  $k = n$  (di mana  $n$  adalah jumlah *job* yang ada) Jika ya, lanjutkan kelangkah 4. Jika tidak lanjutkan kelangkah 3.

Langkah 3:

- a. Set  $k = k+1$
- b. Ambil *job* yang menempati urutan pertama dari daftar pengurutan *job-job*
- c. Hasilkan sebanyak  $k$  calon urutan parsial baru dengan memasukan *job* yang diambil ke dalam setiap skit ururtan parsial sebelumnya
- d. Hitung setiap *makespan* parsial dan *mean flow time* parsial dari calon urutan parsial baru

- e. Pilih calon urutan parsial baru yang memiliki *makespan* parsial yang terkecil. Jika ada urutan calon parsial baru memiliki *makespan* yang sama, pilihlah calon urutan *mean flow time* parsial yang lebih kecil. Jika sama juga pilihlah calon urutan parsial baru tadi secara acak
- f. Calon urutan parsial baru yang terpilih menjadi urutan parsial baru
- g. Coret *job-job* yang diambil tadi dari daftar pengurutan *job-job*
- h. Periksa apakah  $k = n$  (di mana  $n$  adalah jumlah *job* yang ada) Jika ya, lanjutkan kelangkah 4. Jika tidak lanjutkan kelangkah 3.

Langkah 4:

- a. Urutkan parsial baru menjadi urutan final dan stop.

## 2.6 Metode Algoritma Heuristic Pour

Hamid Davoud Pour mengembangkan algoritma heuristic baru dalam menyelesaikan penjadwalan *flow shop* dengan tujuan meminimalkan *makespan* yaitu berdasarkan pendekatan kombinasi. Hal ini dilakukan dengan cara mengganti setiap *job* dengan *job* lainnya dalam urutan sampai ditemukan kombinasi yang dapat memenuhi kriteria tujuan. Dalam metode ini diasumsikan bagwa semua *job* diproses secara terpisah dan *independent* untuk setiap mesinnya. Berikut adalah notasi yang digunakan (Ginting, 2009):

- $P_{ij}$  = Waktu proses dari *job*  $i$  pada mesin  $j$ .
- $C_{ij}$  = Rentang waktu antara saat *job*  $i$  pada mesin  $j$  dimulai ( $t=0$ ) sampai *job* itu selesai.
- $C_i$  = *sum of completion time* untuk *job*  $i$  pada semua mesin.
- $F_{max}$  = rentang waktu antara saat pekerjaan tersedia atau dapat dimulai sampai pekerjaan itu selesai (*makespan*)

Adapun langkah-langkah pengerjaan Algoritma Heuristic Pour sebagai berikut:

1. Memilih *job* satu sebagai urutan pertama sementara dalam urutan pengerjaan sehingga waktu proses *job* 1 pada semua mesin dianggap nol.

2. Menempatkan *job-job* lain (selain *job* yang sudah dipilih sebagai urutan *job* pertama, yaitu *job* 1) pada urutan berikutnya.
3. Memilih waktu proses terkecil untuk masing-masing mesin.
4. Melakukan penambahan waktu proses (*completion time*) pada setiap Pij dengan aturan *increasing processing time*, yaitu dengan menambahkan waktu proses secara kumulatif dari yang terkecil menuju yang terbesar pada tiap Pij.
5. Menghitung *sum of completion time* untuk setiap *job* yang ada.
6. Mengurutkan *sum of completion time* dengan aturan *increasing order* (yaitu pengurutan yang dimulai dari yang terkecil hingga terbesar) untuk diletakan pada urutan setelah *job* yang sudah dipilih dengan urutan pertama sementara (yaitu *job* 1)
7. Setelah didapatkan urutan sementara dimana *job* 1 sebagai urutan pertama, maka hitung lah  $F_{max}$ -nya dari urutan sementara tersebut.
8. Melakukan ulang langkah 1-7 untuk setiap *job* yang ada yang akan ditempatkan sebagai urutan pertama dari urutan pengerjaan *job* sampai didapatkan nilai  $F_{max}$  paling minimal.
9. Melakukan ulang langkah 1-8 untuk *job* yang menempati posisi berikutnya yaitu pada posisi kedua, ketiga dan seterusnya setelah terpilih *job* untuk posisi pertama dengan nilai  $F_{max}$  minimum.

## **2.7 Metode Campbell Dudeck Smith (CDS)**

Metode ini dikembangkan oleh H. G. Campbell, R.A. Dudeck dan M.L. Smith yang didasarkan atas algoritma Johnson. Metode ini pada dasarnya memecahkan persoalan  $n$  *job* pada  $m$  mesin *flow shop* ke dalam  $m-1$  set persoalan dua mesin *flow shop* dengan membagi  $m$  mesin ke dalam dua grup, kemudian pengurutan *job* pada kedua mesin tadi menggunakan algoritma Johnson. Setelah diperoleh sebanyak  $m-1$  alternatif urutan *job*, kemudian dipilih dengan urutan dengan *makespan* terkecil.

Setiap pekerjaan atau *job* yang akan diselesaikan harus melewati proses pada masing-masing mesin. Pada penjadwalan ini diusahakan untuk mendapatkan harga

*makespan* yang terkecil dari (m-1) kemungkinan penjadwalan. Penjadwalan dengan *makespan* terkecil merupakan urutan pekerjaan *job* yang paling baik.

Algoritma Johnson merupakan suatu algoritma yang digunakan untuk mendapatkan *optimal sequence* (pengurutan penjadwalan yang optimal) untuk jenis *flow shop*. Adapun tahapan-tahapan dari algoritma Johnson adalah sebagai berikut:

1. Ambil penjadwalan pertama (k=1). Untuk seluruh *job* yang ada, cari harga  $t_{i,1}^*$  dan  $t_{i,2}^*$  yang minimum yang merupakan waktu proses pada mesin pertama dan mesin kedua.
2. Jika waktu minimum didapat pada mesin pertama, (misal  $t_{i,1}$ ), selanjutnya tempatkan tugas tersebut pada awal deret penjadwalan dan bila waktu minimum didapat pada mesin kedua (misal  $t_{i,2}$ ), tugas tersebut ditempatkan pada posisi akhir dan deret penjadwalan.
3. Pindahkanlah tugas-tugas tersebut dari daftarnya dan susun dalam bentuk deret penjadwalan. Jika masih ada *job* tersisa ulangi kembali langkah 1, sebaliknya bila tidak ada lagi *Job* yang tersisa, berarti penjadwalan telah selesai. Dengan demikian waktu proses dari kedua mesin yaitu mesin pertama ( $t_{i,1}^*$ ) dan mesin kedua ( $t_{i,2}^*$ ) pada penjadwalan ke-k adalah:

$$t_{i,2}^* = \sum_{k=1}^k t_{i,m-k+1} \quad t_{i,1}^* = \sum_{k=1}^k t_{i,k}$$

Dimana:

$t_{i,1}^*$  = Waktu proses suatu *job* ke-i dan mesin ke-1

$t_{i,2}^*$  = Waktu proses suatu *job* ke-i dan mesin ke-2

k = Konstulasi (urutan) dengan nilai 1 s/d (m-1)

m = Jumlah mesin yang dipakai

$t_{i,k}$  = Waktu proses suatu *job* ke-i dengan konstulasi awal dengan nilai k =

1

$t_{i,m-k+1}$  = Waktu proses suatu *job* ke-*i* dengan jumlah mesin dikurangi konstulasi dengan nilai  $k = k + 1$

Jika jadwal ke- $k = m-1$  sudah tercapai berarti penjadwalan *job* sudah selesai. Setiap pekerjaan atau *job* yang akan diselesaikan harus melewati proses pada masing-masing mesin. Pada penjadwalan ini diusahakan untuk mendapatkan *makespan* yang terkecil dari  $(m-1)$  kemungkinan penjadwalan. Penjadwalan dengan *makespan* terkecil merupakan urutan pengerjaan *job* yang paling baik. Dari penyusunan atau penjadwalan yang ada diharapkan akan mengurangi waktu menganggur dari mesin karena pengaturan yang kurang tepat. (Ginting, 2009)

## **2.8 Pengukuran Waktu (*Time Study*)**

Didalam melaksanakan proses produksi diperlukan suatu pengukuran kerja untuk mengadakan evaluasi dari jalannya proses produksi tersebut. Dasar dari pengukuran kerja, yaitu waktu penyelesaian dari proses produksi atau penyelesaian suatu bagian dari proses produksi keseluruhan.

Pengukuran waktu menurut Wignojosoebroto (2003) adalah suatu aktivitas untuk menentukan waktu yang dibutuhkan oleh seorang operator (yang memiliki *skill* rata-rata dan terlatih baik) dalam melaksanakan sebuah kegiatan dalam kondisi dan tempo yang normal.

Berdasarkan pengertian di atas dapat disimpulkan bahwa pengukuran waktu adalah suatu metode untuk menentukan waktu yang dibutuhkan oleh seorang operator yang terlatih dalam melaksanakan sebuah kegiatan dalam keadaan normal.

### **2.8.1 Pengukuran Waktu Secara Langsung**

Untuk mendapatkan hasil yang baik, yaitu yang dapat dipertanggungjawabkan maka tidaklah cukup sekedar melakukan beberapa kali pengukuran dengan menggunakan jam henti. Banyak faktor yang harus diperhatikan agar akhirnya diperoleh waktu yang pantas untuk pekerjaan yang bersangkutan seperti yang berhubungan dengan kondisi kerja, cara pengukuran, jumlah pengukuran, dan lain-lain.

Di bawah ini adalah sebagian langkah yang perlu diikuti agar maksud diatas dapat tercapai (Sutalaksana, dkk., 2006) yakni:

1. Penetapan Tujuan Pengukuran

Sebagaimana halnya dengan berbagai kegiatan lain. Tujuan untuk melaksanakan suatu kegiatan haruslah bisa diidentifikasi dan ditetapkan terlebih dahulu. Dalam pengukuran kerja hal-hal penting yang harus diketahui dan ditetapkan adalah untuk apa hasil pengukuran akan digunakan/dimanfaatkan didalam kaitannya dengan proses produksi. Biasanya penetapan waktu baku akan dikaitkan dengan maksud-maksud pemberian insentif/bonus pekerja langsung. Apabila memang dikaitkan dengan maksud ini maka ketelitian dan tingkat keyakinan tentang hasil pengukuran harus tinggi karena menyangkut prestasi dan pendapatan dari pekerja.

Tujuan dari pengukuran pendahuluan adalah untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan untuk tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan yang digunakan karena merupakan pencerminan tingkat kepastian yang diinginkan oleh pengukur setelah memutuskan tidak akan melakukan pengukuran yang banyak.

2. Melakukan Penelitian Pendahuluan

Tujuan dari pengukuran waktu adalah berapa waktu yang pantas diberikan kepada pekerja untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Suatu perusahaan menginginkan waktu kerja yang sesingkat-singkatnya agar dapat meraih keuntungan yang sebesar-besarnya. Keuntungan tidak dapat diperoleh jika kondisi kerja dari pekerjaan yang ada di perusahaan tersebut tidak menunjang tercapainya hal di atas.

3. Memilih Operator

Operator yang akan diukur bukanlah orang yang begitu saja diambil dari pabrik. Operator harus memenuhi beberapa persyaratan tertentu agar pengukuran dapat berjalan baik dan dapat diandalkan hasilnya. Syarat-syarat tersebut adalah berkemampuan normal dan dapat diajak bekerja sama.

4. Melatih Operator

Jika pada saat penelitian pendahuluan, kondisi kerja atau cara kerja sesudah mengalami perubahan, maka operator harus terlebih dahulu dilatih karena sebelum diukur, operator harus terbiasa dengan kondisi dan cara kerja yang telah ditetapkan.

#### 5. Mengurai Pekerjaan Atas Elemen Pekerjaan

Pekerjaan harus dipecah menjadi elemen pekerjaan, yang merupakan gerakan bagian dari pekerjaan yang bersangkutan. Elemen-elemen inilah yang akan diatur waktunya. Waktu siklusnya adalah jumlah dari waktu setiap elemen ini. Ada beberapa alasan yang menyebabkan pentingnya melakukan penguraian pekerjaan atas elemen-elemennya, yaitu:

- a. Untuk menjelaskan catatan tentang tata cara kerja yang dibakukan
- b. Untuk memungkinkan melakukan penyesuaian bagi setiap elemen karena keterampilan bekerjanya operator belum tentu sama untuk semua bagian dari gerakan-gerakan kerjanya
- c. Untuk memudahkan mengamati terjadinya elemen yang tidak baku yang mungkin saja dilakukan pekerja
- d. Untuk memungkinkan dikembangkannya data waktu standar atau tempat kerja yang bersangkutan

#### 6. Menyiapkan Alat-alat Pengukuran

Langkah terakhir sebelum melakukan pengukuran yaitu menyiapkan alat-alat yang diperlukan. Alat-alat tersebut adalah:

- a. Jam henti
- b. Lembaran pengamatan
- c. Pensil atau pena
- d. Papan pengamatan

### 2.8.2 Tahapan Pengukuran Waktu

Pengukuran waktu adalah pekerjaan mengamati dan mencatat waktu-waktu kerja baik setiap elemen ataupun siklus dengan menggunakan alat-alat pengukuran

waktu. Setelah melakukan pengukuran waktu maka hal berikutnya yang harus dilakukan adalah melakukan pengujian kenormalan data, keseragaman data, dan kecukupan data. (Sutalaksana dkk, 2006)

### **2.8.3 Penentuan Waktu Standar**

Waktu standar adalah sejumlah waktu yang diberikan oleh seorang pekerja dalam melakukan pekerjaannya dan merupakan standar waktu dari pekerjaan-pekerjaan lain yang sama atau sejenis.

Langkah-langkah perhitungan waktu baku, meliputi :

1. Hitung waktu siklus rata-rata

$$Ws = \sum xi/N$$

Dimana :

Ws = waktu siklus

Xi = waktu pengukuran

N = banyaknya pengukuran yang dilakukan

2. Hitung waktu normal

$$Wn = Ws \times (1+RF)$$

Dimana :

Wn = Waktu normal

Ws = Waktu siklus

RF = faktor penyesuaian

3. Menghitung waktu standar

$$Wb = Wn \times (1 + A)$$

Dimana :

Wb = Waktu standar

Wn = Waktu normal

A = Kelonggaran

### **2.8.4 Tingkat Ketelitian dan Tingkat Kepercayaan**

Dalam melakukan pengukuran waktu ini yang dicari adalah waktu yang sebenarnya diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Karena waktu penyelesaian ini tidak pernah diketahui sebelumnya, maka harus dilakukan pengukuran-pengukuran. Jumlah pengukuran yang banyak (tak terhingga) akan memberikan jawaban yang pasti, tetapi hal ini tidak mungkin dilakukan karena keterbatasan waktu, tenaga, dan biaya si pengukur, sehingga diperlukan tingkat kepastian bagi si pengukur, yaitu tingkat ketelitian dan tingkat kepercayaan.

Tingkat ketelitian menunjukkan penyimpangan maksimum hasil pengukuran dari waktu penyelesaian sebenarnya, sedangkan tingkat kepercayaan menunjukkan besarnya kepercayaan pengukur bahwa hasil diperoleh memenuhi syarat ketelitian. Keduanya dinyatakan dalam persen.

Dalam penelitian ini, digunakan tingkat ketelitian 5% dan keyakinan 95%. Ini berarti rata-rata hasil pengukuran dibolehkan menyimpang sejauh 5% dari rata-rata sebenarnya, dan kemungkinan berhasilnya adalah 95%. Dengan kata lain, penyimpangan yang terjadi lebih dari rata-rata pengukuran hanya dapat ditoleransi dengan kemungkinan 5% ( $100\% - 95\%$ ) dari populasi hasil pengukuran atau jumlah pengukuran (Sutalaksana, dkk., 2006)

#### **2.8.5 Uji Kenormalan Data Kolmogorov-Smirnov**

Dalam uji kenormalan data ini menggunakan program komputer MINITAB dan metode yang digunakan adalah Kolmogorov-Smirnov. Contoh kasus: Banyaknya hari tidak masuk kerja untuk tahun yang telah lewat yang diakibatkan oleh kasus-kasus sindrom saluran karpal (*carpal tunnel syndrome*) yang berkaitan dengan pekerjaan dicatat untuk 25 orang pekerja yang dipilih secara acak. Hasil pencatatan ditampilkan oleh tabel 2.1. Pada saat ini data digunakan untuk menetapkan interval kepercayaan *mean* populasi yang terdiri dari seluruh kasus sindrom saluran karpal. Gunakan data-data ini untuk menguji asumsi normalitas dengan menetapkan interval kepercayaan 95%.

Tabel 2.1 Contoh Data Jumlah Hari Tidak Masuk Kerja

| Pekerja | Jumlah Hari | Pekerja | Jumlah Hari |
|---------|-------------|---------|-------------|
| 1       | 21          | 14      | 46          |
| 2       | 23          | 15      | 32          |
| 3       | 33          | 16      | 17          |
| 4       | 32          | 17      | 29          |
| 5       | 37          | 18      | 26          |
| 6       | 40          | 19      | 46          |
| 7       | 37          | 20      | 27          |
| 8       | 29          | 21      | 26          |
| 9       | 23          | 22      | 38          |
| 10      | 29          | 23      | 28          |
| 11      | 24          | 24      | 33          |
| 12      | 32          | 25      | 18          |
| 13      | 24          |         |             |

(Sumber: Spiegel, 2007)

Penyelesaian:

Oleh karena akan menguji keselarasan data atau kenormalan data untuk satu sampel, maka digunakan uji Kolmogorov-Smirnov.

#### 1. Pemasukan data ke MINITAB

Dari menu utama *File*, pilih menu *New*, lalu klik *mouse* pada *Minitab Project*.

Pengisian data:

- Klik *mouse* pada tabel *worksheet* kolom C1
- Letakkan *pointer* pada baris 1 kolom tersebut, lalu ketik menurun ke bawah sesuai data (25 data).

Data di atas bisa disimpan dengan nama Kolmogorov-Smirnov.

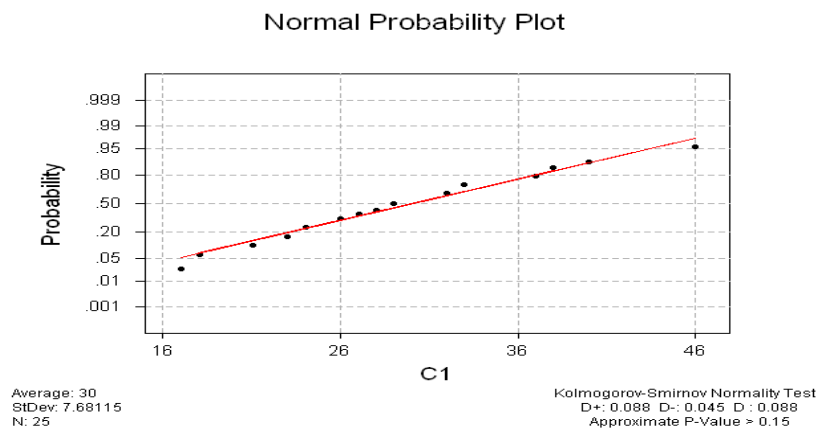
#### 2. Pengolahan data dengan MINITAB

Langkah-langkah:

- Buka *file* Kolmogorov-Smirnov
- Dari menu utama MINITAB, pilih menu *Statistics*, kemudian pilih submenu *Basic Statistics*, sesuai kasus pilih *Normality Test* untuk uji satu sampel. Kemudian akan muncul kotak dialog Kolmogorov-Smirnov. Kemudian lakukan pengisian:

- Variable*, Masukkan variabel C1
- Reference Probabilities*, diabaikan
- Untuk *Test for Normality*, karena dalam kasus ini akan diuji distribusi normal menggunakan metode Kolmogorov-Smirnov, maka klik *mouse* pada pilihan Kolmogorov-Smirnov. Sedangkan pilihan uji yang lain diabaikan
- Title*, menuliskan judul untuk mengetahui kasus yang di uji
- Tekan OK untuk proses data.

Setelah itu akan muncul grafik, seperti berikut:



Gambar 2.5 Grafik Hasil Uji Kenormalan Data *Kolmogorov-Smirnov*  
(Sumber: Spiegel, 1999)

Analisis Hipotesis:

- $H_0: F(x) = F_0(x)$ , dengan  $F(x)$
- adalah fungsi distribusi populasi yang diwakili oleh sampel, dan  $F_0(x)$  adalah fungsi distribusi suatu populasi berdistribusi normal dengan  $\mu = 30$  dan  $\sigma = 7,68$  (lihat gambar 2.5)
- $H_1: F(x) \neq F_0(x)$  atau distribusi populasi tidak normal.

NB: Uji dilakukan dua sisi, karena adanya tanda ' $\neq$ '

Pengambilan Keputusan:

Dasar Pengambilan Keputusan adalah besaran probabilitas:

- a. Jika probabilitas  $> 0,05$ , maka  $H_0$  diterima.
- b. Jika probabilitas  $< 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak.

Keputusan:

Terlihat bahwa pada *Approximate P-Value*  $> 0,15$ , atau probabilitas diatas  $0,05$  ( $0,15 > 0,05$ ). Maka  $H_0$  diterima, atau populasi tersebut berdistribusi normal.

### 2.8.6 Uji Keceragaman Data

Karena yang diukur adalah sistem kerja yang selalu berubah-ubah, maka perubahan yang terjadi dalam batas kewajaran, sehingga data pengukuran yang dihasilkan akan seragam. Karena ketidakseragaman data dengan tidak disadari, maka diperlukan alat untuk mendeteksi yang berupa batas kontrol, batas kontrol dapat menunjukkan seragam atau tidaknya data. Dalam pengujian keseragaman data, data yang berada diantara batas kontrol (seragam) digunakan dalam perhitungan selanjutnya. (Sutalaksana, dkk., 2006).

Untuk melakukan uji keseragaman data juga dapat dilakukan dengan *Microsoft Excel*. Metode yang akan digunakan adalah peta kendali  $\bar{X}$  dan R. Peta kendali  $\bar{X}$  (*mean* atau rata-rata) dan R (*range* atau selisih pengamatan terbesar dan terkecil) biasa digunakan untuk memantau proses yang diukur berdasarkan data variabel. Data variabel adalah data kuantitatif yang diukur untuk keperluan analisis. Peta kendali  $\bar{X}$  khusus untuk memantau perubahan suatu sebaran atau distribusi suatu variabel asal dalam hal lokasinya (pemusatannya), sedangkan peta R khusus untuk memantau perubahan dalam hal *spreadnya* (penyebarannya).

Untuk menentukan batas kontrol atas dan batas kontrol bawah menggunakan rumus dibawah ini:

1. Untuk tingkat keyakinan 68%

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

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

2. Untuk tingkat keyakinan 95%

$$BKA = \bar{X} + 2\sigma$$

$$BKB = \bar{X} - 2\sigma$$

3. Untuk tingkat keyakinan 99%

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

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

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

dimana:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

|             |           |                       |
|-------------|-----------|-----------------------|
| Keterangan: | BKA       | = Batas Kontrol Atas  |
|             | BKB       | = Batas Kontrol Bawah |
|             | $\bar{X}$ | = Nilai Rata-rata     |
|             | $\sigma$  | = Simpangan baku      |
|             | $x_i$     | = Data Waktu          |
|             | N         | = Jumlah Data         |

### 2.8.7 Uji Kecukupan data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil pengamatan yang telah diambil sudah cukup mewakili populasinya, bila belum maka perlu diadakan pengamatan tambahan hingga cukup mewakili populasinya. Pada penelitian ini, digunakan tingkat keyakinan 95% dan tingkat ketelitian 5%, maka persamaan dalam uji keseragaman data (Sutalaksana, dkk., 2006) adalah sebagai berikut:

$$N' = \left( \frac{40 \sqrt{N (\sum Xi^2) - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right)^2$$

Dimana:

$N'$  = banyaknya pengukuran sesungguhnya yang diperlukan

$N$  = jumlah pengukuran pendahulu yang telah dilakukan

$X_i$  = waktu penyelesaian yang teramati selama pengukuran yang telah dilakukan

$k$  = harga indeks yang besarnya tergantung tingkat keyakinan

Nilai  $k$  ditentukan berdasarkan tingkat keyakinan dan tingkat ketelitian yang diinginkan, jika masing-masing adalah:

- 95% dan 10%, maka  $k = 20$
- 95% dan 5%, maka  $k = 40$
- 99% dan 5%, maka  $k = 60$

Jika:

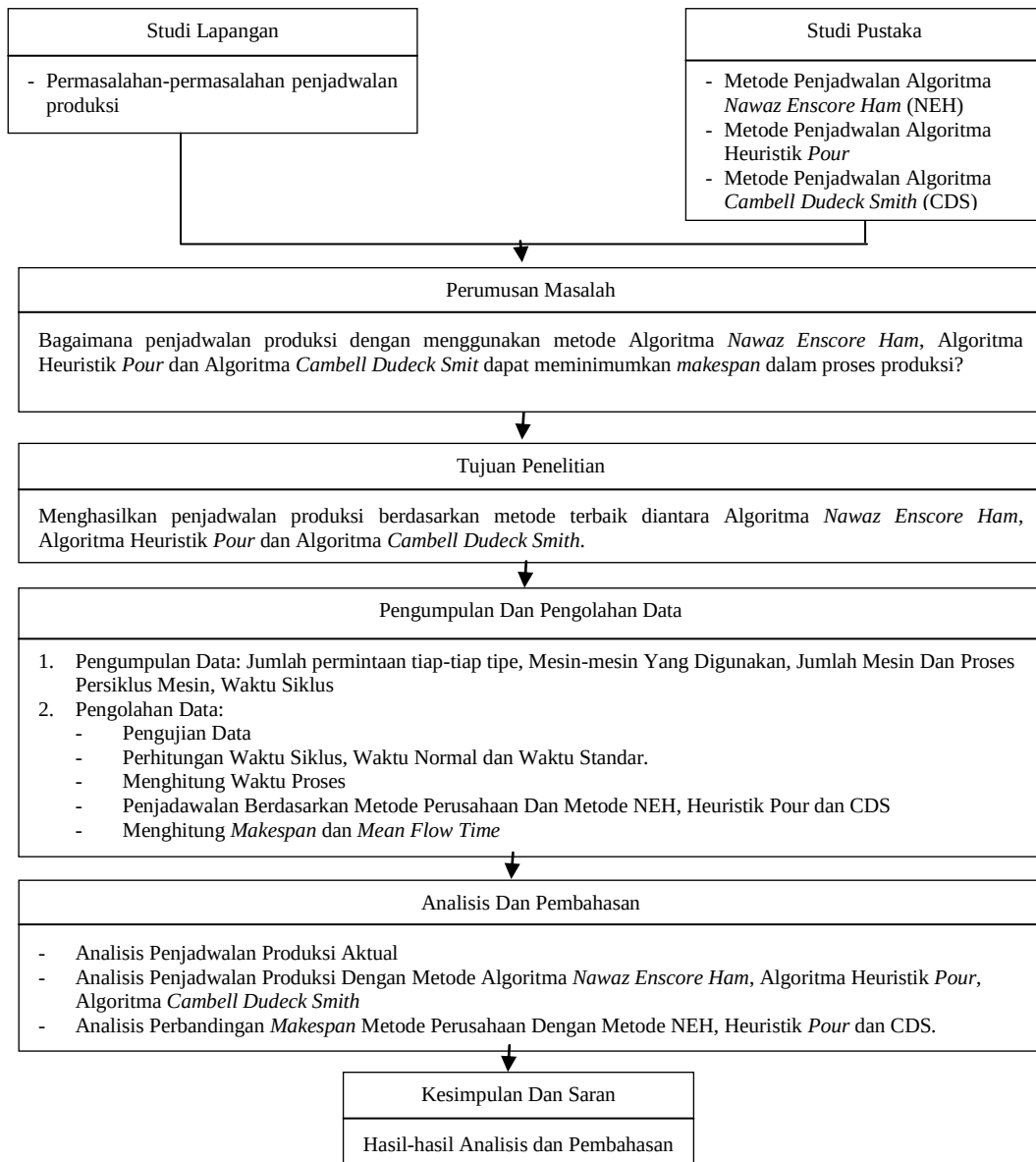
$N \geq N'$ , maka data yang hasil pengamatan yang diambil telah mencukupi

$N \leq N'$ , maka perlu penambahan data

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian adalah tahapan berfikir dan berbuat yang dipersiapkan secara matang dalam rangka mencapai tujuan penelitian, yaitu menemukan, mengembangkan atau mengkaji kebenaran suatu pengetahuan secara ilmiah atau untuk pengujian hipotesis suatu penelitian. Adapun metodologi penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1:



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

### **3.1 Studi Lapangan Dan Pustaka**

Dari gambar 3.1 studi lapangan dan studi pustaka dapat dijelaskan sebagai berikut:

#### **1. Studi Lapangan**

Studi lapangan yakni suatu bentuk penelitian yang dilakukan dengan cara observasi atau pengamatan langsung, dan wawancara untuk mendapatkan data yang lebih tepat dan bisa dipercaya sesuai kebutuhan yang diperlukan untuk mendukung penulisan tugas akhir ini. Maksud dari studi lapangan ini adalah mengamati secara langsung keadaan dan kegiatan pada PT Braja Mukti Cakra, yang bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan yang terjadi didalam perusahaan tersebut, khususnya pada bagian *Production Plan and Inventory Control* atau (PPIC).

#### **2. Studi Pustaka**

Penelitian kepustakaan (*Library Research*) yaitu studi literatur yang erat kaitannya dengan masalah yang akan dibahas dalam penelitian. Studi Pustaka berguna untuk mengumpulkan informasi (data) dengan topik atau masalah yang akan atau sedang diteliti. Informasi itu dapat diperoleh dari beberapa referensi baik itu dari referensi elektronik yang didapat dari internet yang berupa jurnal ilmiah maupun referensi dari buku-buku ilmiah sebagai landasan teori dari penelitian. Landasan teori yang digunakan harus dapat membantu penelitian agar dapat memecahkan permasalahan yang sedang dihadapi. Studi pustaka dalam penelitian ini berkaitan dengan penjadwalan produksi perusahaan dan metode Algoritma Nawas, Ensore, Ham, Algoritma Heuristic Pour dan Algoritma Campbell, Dudeck, Smith (CDS) sebagai cara untuk memecahkan masalah.

### **3.2 Perumusan Masalah**

Perumusan masalah merupakan permasalahan atau kendala yang dialami oleh PT Braja Mukti Cakra didalam melakukan proses produksi, dimana perumusan

masalah umumnya berupa pertanyaan-pertanyaan yang jawabannya akan didapat melalui penelitian ini. Adapun perumusan masalah penelitian ini sebagai berikut:

3. Bagaimana pengurutan penjadwalan yang tepat dengan metode penjadwalan NEH, Heuristik *Pour* dan CDS?
4. Berapa total waktu penyelesaian pekerjaan secara keseluruhan (*makespan*) dengan menggunakan metode Algoritma NEH, Heuristik *Pour* dan CDS?
5. Metode penjadwalan produksi apa yang dapat bekerja optimal di lini *Fly Wheel* dengan adanya kriteria minimasi *makespan* dan *mean flow time*?

### **3.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian merupakan hasil akhir yang ingin dicapai pada penelitian ini. Tujuan penelitian juga merupakan jawaban atas perumusan masalah yang ada. Adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan urutan penjadwalan produksi yang optimal berdasarkan metode perusahaan, NEH, Heuristik *Pour* dan CDS.
2. Mendapatkan total waktu penyelesaian pekerjaan secara keseluruhan (*makespan*) untuk metode perusahaan, NEH, Heuristik *Pour* dan CDS.
3. Menghasilkan perbandingan metode penjadwalan produksi perusahaan dengan metode penjadwalan NEH, Heuristik *Pour* dan CDS.

### **3.4 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data berfungsi untuk membantu pengolahan data. Kemudian data tersebut digunakan untuk memberikan informasi berupa data-data yang diperlukan untuk memecahkan masalah. baik itu data primer maupun sekunder. Khususnya pada rantai produksi PT Braja Mukti Cakra

### **3.5 Pengolahan Data**

Pada tahap ini dijelaskan tahap-tahap dalam mengolah data terhadap data yang telah diambil dari tahap pengumpulan data, dengan metode-metode yang dipilih guna memecahkan masalah secara baik dan terencana. Adapun langkah-langkah dalam pengolahan data sebagai berikut:

- a. Perhitungan Waktu Proses

Waktu proses merupakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan yang ada pada perusahaan. Setiap job melalui sebuah urutan produksi, setelah melewati semua tahapan-tahapan produksi yang ada maka didapat total waktu produksi setiap pekerjaan. Waktu proses yang dilakukan disini diambil dari satu lini. Sebelum melakukan perhitungan waktu proses, terlebih dahulu harus mengetahui waktu siklus. Perhitungan waktu siklus yaitu dengan cara membagi jumlah semua data pengukuran waktu pada setiap stasiun kerja dengan banyaknya jumlah pengamatan.

b. Pengujian Data

Dalam pengujian data dilakukan beberapa tahap, yaitu:

- a.) Uji kenormalan data merupakan suatu jenis uji statistik untuk menentukan apakah suatu populasi berdistribusi normal atau tidak. Untuk uji kenormalan data pada penelitian ini, menggunakan program MINITAB (Kolmogorov-Sminorv). Pengujian dapat dikatakan normal apabila nilai *Approximate P-Value* lebih dari 0,05 dan grafik yang ditampilkan dari data yang telah diplot mendekati garis tengah.
- b.) Uji keseragaman dilakukan untuk mendeteksi seragam atau tidaknya data. Data dikatakan seragam apabila data berada diantara batas kontrol atas dan batas kontrol bawah. Pada penelitian ini uji keseragaman data menggunakan tingkat keyakinan 95% dan ketelitian 5%, maka menggunakan rumus dua sigma.
- c.) Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil pengamatan yang telah diambil sudah mencukupi, bila belum maka perlu diadakan pengamatan tambahan untuk mencukupi kekurangan data tersebut. Data dianggap cukup apabila jumlah observasi yang seharusnya dilaksanakan ( $N'$ ) adalah lebih kecil dari jumlah observasi yang telah dilakukan ( $N$ ).

c. Penjadwalan Produksi dengan metode Algoritma *Nawaz Ensore Ham* (NEH)

Pada penjadwalan dengan metode Algoritma *Nawaz Ensore Ham* terdapat beberapa langkah-langkah dalam menyelesaikan persoalan penjadwalan. Dimana langkah-langkah dalam mengerjakan metode NEH adalah sebagai berikut:

- a.) Menghitung total waktu proses pada setiap Job
  - b.) Lakukan pengurutan job berdasarkan total waktu proses terbesar
  - c.) Memulai dengan dua urutan parsial pertama. Lalu hitung *makespan* dari kedua urutan parsial job tersebut dan pilih *makespan* terkecil.
  - d.) Perhitungan dilanjutkan berdasarkan job berikutnya. Pada tahap ini akan menghasilkan tiga parsial urutan job baru, dan setelah itu hitung nilai *makespan* masing-masing parsial dan pilih *makespan* terkecil.
  - e.) Dan lakukan langkah berikut hingga didapatkan nilai *makespan* yang optimal.
- d. Penjadwalan Produksi dengan metode Algoritma Heuristik *Pour*
- Hamid Davoud Pour mengembangkan algoritma heuristik baru di dalam menyelesaikan penjadwalan *flowshop* dengan tujuan meminimalkan *makespan* yaitu berdasarkan pendekatan kombinasi. Hal ini dilakukan dengan cara mengganti setiap *job* dengan *job* lainnya dalam urutan sampai ditemukan kombinasi urutan yang dapat memenuhi kriteria tujuan.
- e. Penjadwalan Produksi dengan metode Algoritma *Cambell Dudek Smith*
- Penjadwalan produksi dengan metode CDS ini digunakan untuk mengetahui urutan *job* yang mana yang harus dikerjakan terlebih dahulu dalam proses produksinya. Dalam metode ini terdapat beberapa alternatif pilihan urutan *job* yang harus dikerjakan berdasarkan hasil perhitungan dari kombinasi mesin-mesin yang ada di perusahaan. Langkah-langkah dalam mengerjakan metode CDS adalah sebagai berikut:
- a.) Menghitung jumlah alternatif dengan rumus  $m-1$
  - b.) Hitung nilai  $t^*_{i,1}$  dan  $t^*_{i,2}$ .
  - c.) Menentukan nilai minimum pada  $t^*_{i,1}$  dan  $t^*_{i,2}$

- d.) Jika nilai minimum terletak pada mesin 1, jadwalkan pada posisi awal. Jika nilai minimum terletak pada mesin 2, jadwalkan pada posisi akhir.
- e.) Hapus *job* yang sudah dijadwalkan.
- f.) Ulangi dari langkah 2 sampai iterasi  $m-1$ , kemudian berhenti.
- f. Menghitung *Makespan* dan *Mean Flow Time*  
Setelah mendapatkan hasil-hasil perhitungan dari ketiga metode yaitu Algoritma Nawaz Ensore Ham, Heuristik Pour, dan *Campbell Dudeck Smith*. Data dihitung *makespan* dari setiap alternatif urutan pekerjaan yang ada. Setelah mendapatkan *makespan* dari setiap alternatif tersebut, kemudian menentukan makespan terkecil dari setiap alternatif tersebut.

### **3.6 Analisis Dan Pembahasan**

Pada tahap ini dilakukan analisis masalah terhadap hasil pengolahan data sehingga dapat menjawab tujuan dari penelitian ini. Analisis yang dilakukan meliputi:

- a. Analisis Penjadwalan Produksi Aktual.  
Meliputi pembahasan bagaimana dampak dari tata cara penjadwalan produksi saat ini.
- b. Analisis Penjadwalan Produksi Dengan Metode Algoritma Nawas Ensore Ham, Algoritma Heuristik *Pour* dan Algoritma *Campbell Dudeck Smith*.  
Analisis ini untuk mengetahui tahapan-tahapan perhitungan makespan dan urutan yang terbaik yang dihasilkan.
- g. Analisis Perbandingan *makespan* Metode Penjadwalan Untuk Menentukan Metode Terbaik.  
Analisis ini dilakukan untuk membandingkan dan menentukan metode penjadwalan yang terbaik dari ketiga metode tersebut.

### **3.7 Kesimpulan Dan Saran**

Kesimpulan dari penelitian ini didapat dari hasil analisis dan pembahasan yang sudah dilakukan sebelumnya. Adapun saran yang diberikan pada penelitian ini adalah berupa masukkan yang bersifat membangun untuk perbaikan bagi perusahaan di masa yang akan datang.

## **BAB IV**

### **PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

#### **4.1 Pengumpulan Data**

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperoleh selama penelitian dilakukan. Adapun data yang diperoleh meliputi data primer dan data sekunder, yang nantinya akan dipergunakan dalam memecahkan persoalan penjadwalan produksi yang terjadi di perusahaan.

##### **4.1.1 Sejarah Perusahaan**

PT Braja Mukti Cakra berdiri pada tanggal 24 Januari 1986 dengan nama PT Bekasi Machinery Company yang beralamat di PT Bakrie Tosanjaya, Jl. Raya Bekasi Km.27 Bekasi sesuai dengan akte notaris No. 34 tanggal 7 Maret 1987 dengan Adlan Yulizar sebagai notaris. Dikarenakan diwilayah Bekasi terdapat satu perusahaan lagi dengan nama yang sama, maka dilakukan perubahan nama perusahaan menjadi PT Braja Mukti Cakra sesuai dengan akte perubahan No. 14 dengan notaris yang sama. Pada tanggal 16 Maret 1995, PT Braja Mukti Cakra resmi memiliki gedung dan pabrik sendiri yang beralamat di Jl. Desa Harapan Kita No. 4 Harapan Jaya Bekasi Utara 17142. Kini PT Braja Mukti Cakra berdiri di atas tanah seluas 2,3 hektar yang terdiri dari bangunan pabrik, gudang penyimpanan, laboratorium serta perkantoran dengan jumlah karyawan sebanyak 202 orang.

Dengan dukungan penuh dari PT Bakrie Tosanjaya yang menguasai teknologi pengecoran logam, serta PT Krama Yudha Tiga Berlian Motors (PT KTB) yang memiliki akses terhadap teknologi industri komponen, PT Braja Mukti Cakra ditargetkan untuk menghasilkan produk komponen bernilai presisi tinggi berupa komponen otomotif dengan standar kualitas *Original Equipment Manufacturing* (OEM) bagi industri perakitan otomotif di Indonesia.

Kualitas original OEM dicapai berkat kerjasama PT Braja Mukti Cakra dengan Mitsubishi Motors Corporation dalam bentuk bantuan teknis terpadu. Dukungan teknis penuh diberikan pula oleh TAMAKI dan IBARA SEIKI, dimana kedua perusahaan ini merupakan produsen mesin komponen modern yang berpusat di Jepang guna menjamin mutu kinerja PT Braja Mukti Cakra.

PT Braja Mukti Cakra menggunakan lebih dari 100 unit mesin otomatis termasuk unit-unit mesin pendukungnya. Jumlah tersebut akan terus bertambah sesuai kebutuhan kapasitas terpasang. Guna menjaga kinerja mesin setiap saat, Sistem Pemeliharaan Terpadu diterapkan. Sistem Kendali

Mutu Total (*Total Quality Control*), Gugus Kendali Mutu (*Quality Cycle Control*), serta *Kaizen* (Peningkatan Kinerja), adalah bagian dari proses produksi yang selalu diterapkan secara konsisten. Ketiga sistem tersebut menjamin kualitas maupun efisiensi dalam proses produksi, sehingga selain menghasilkan produksi berkualitas, OEM yang tepat waktu, PT Braja Mukti Cakra pun mampu memberikan harga yang bersaing.

Sistem Kendali Mutu Total memberikan jaminan kualitas OEM pada setiap satuan produk. Sistem ini diterapkan pada setiap tahapan mulai dari bahan baku coran, pengecoran hingga proses produksi. Hasil komponen presisi diteliti kembali di Laboratorium Kendali Mutu Total sebelum masuk ke gudang penyimpanan dan siap untuk dikirim. Untuk lebih memastikan bahwa kualitas produk komponen presisi sesuai dengan komponen presisi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Pemesan, PT Braja Mukti Cakra menerapkan pula sistem *Inspection Agreement*. Jauh lebih lagi, *Quality Agreement* PT Braja Mukti Cakra memberikan garansi penuh hingga saat produk digunakan oleh konsumen sehingga turut menjamin mutu produk rakitan otomotif.

Industri komponen presisi memberikan andil besar dalam keberhasilan industri perakitan otomotif di Indonesia. Prosentasi dengan lokal berupa komponen otomotif berkualitas OEM khususnya untuk kategori kendaraan niaga selalu meningkat dari tahun ke tahun. Adapun tujuan dari didirikannya PT Braja Mukti Cakra adalah sebagai berikut:

1. Membuat suku cadang kendaraan bermotor diesel atau bensin, maupun barang-barang lain yang berhubungan dengan suku cadang yang dibuat.
2. Menjual hasil barang-barang yang dihasilkan dari usaha tersebut sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku di Indonesia.

Komposisi modal PT Braja Mukti Cakra:

- |                                       |     |
|---------------------------------------|-----|
| 1. PT Krama Yudha Tiga Berlian Motors | 50% |
| 2. PT Bakrie Tosanjaya                | 50% |

#### **4.1.2 Profil Perusahaan**

PT Braja Mukti Cakra merupakan perusahaan yang mempunyai lokasi pabrik dan kantor pada satu tempat. PT Braja Mukti Cakra, beralamat di Jl. Desa Harapan Kita No. 3B, Kelurahan Harapan Jaya, Bekasi Utara, 17124, Bekasi, Jawa Barat, Indonesia. Telp. 62-21-887-1836. Fax. 62-21-887-1835 & 62-21-887-8949. Berikut ini foto pabrik dan kantor perusahaan yang dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. PT Braja Mukti Cakra  
(Sumber: PT Braja Mukti Cakra, 2017)

PT Braja Mukti Cakra memiliki Visi dan Misi yang ingin dicapai perusahaan di masa depan yang mampu menjamin kesinambungan dan kesuksesan perusahaan dalam jangka panjang, untuk kelancaran berjalannya suatu perusahaan Visi dan Misi merupakan hal yang sangat penting. Berikut adalah Visi dan Misi PT Braja Mukti Cakra:

1. Visi Perusahaan

*TO BE A GLOBAL PARTS MAKER*, yang memiliki arti diakui dunia sebagai produsen komponen.

2. Misi Perusahaan

*BEING A GOOD PARTNER FOR STAKEHOLDERS WITH EXCELENT QSV (QUALITY, SERVICE, VALUE)*, yang memiliki arti, menjadi mitra yang baik bagi pemangku kepentingan dengan KPN (kualitas, pelayanan dan nilai) yang prima.

Selain memiliki Visi dan Misi, PT Braja Mukti Cakra juga memiliki nilai-nilai inti (*core value*) yang harus dijaga dan dijalankan perusahaan agar dapat membangun gambaran positif konsumen terhadap perusahaan. Adapun nilai-nilai inti perusahaan adalah sebagai berikut:

1. Pemilahan (*Seiri*)

Membedakan antara yang diperlukan dan yang tidak diperlukan serta membuang yang tidak diperlukan.

2. Penataan (*Seiton*)

Menentukan tata letak yang tertata rapi sehingga kita selalu menemukan barang yang benda-benda yang diperlukan dengan rapi, mudah ditemukan, mudah dikendalikan, aman dan tersedia dalam jumlah yang cukup.

3. Pembersihan (*Seiso*)

Menghilangkan sampah kotoran dan barang asing untuk memperoleh tempat kerja yang lebih bersih.

4. Perawatan (*Seiketsu*)

Memelihara barang dengan teratur, rapi dan bersih juga dalam aspek personal dan kaitannya dengan polusi.

5. Pembiasaan (*Shitsuke*)

Melakukan sesuatu yang benar sebagai kebiasaan.

#### **4.1.3 Waktu Kerja Perusahaan**

PT Braja Mukti Cakra memiliki peraturan mengenai jam kerja pada para karyawannya, yaitu selama 5 hari kerja dalam seminggu dengan ketentuan 8 jam kerja per hari, kecuali pada hari jum'at, yaitu sebanyak 7,5 jam dalam sehari. Adapun jam kerja yang berlaku di PT Braja Mukti Cakra adalah sebagai berikut:

1. Jam kerja Kantor (staff dan Administrasi):

Pagi : 07.30 s/d 16.30 WIB

Istirahat : 12.00 s/d 13.00 WIB

2. Jam kerja Pabrik (produksi dan *support* produksi)

Shift I : 07.00 s/d 16.00 WIB

Shift II : 23.00 s/d 07.00 WIB

Adapun pada hari Sabtu dan Minggu ditetapkan sebagai hari libur, sedangkan jeda waktu antara shift I (satu) dan shift II (dua) dan kelebihan jam kerja lainnya dihitung sebagai lembur. Kemudian untuk pergantian shift sendiri (jika ada) dilaksanakan setiap satu minggu sekali.

#### **4.1.4 Produk Yang Dihasilkan Perusahaan**

PT Braja Mukti Cakra adalah sebuah industri manufaktur otomotif yang bergerak di bidang jasa *machining*. PT Braja Mukti Cakra pada prosesnya hanya mengolah bahan baku yang diterima dari *supplier* menjadi barang atau produk yang memiliki spesifik sesuai dengan yang dipesan oleh konsumen dari PT Braja Mukti Cakra. PT Braja Mukti Cakra juga dalam kegiatannya, memiliki banyak jenis dan tipe produk yang diproduksi. Sebagian besar produksinya adalah berupa komponen dalam bagian penggerak atau suku cadang pada kendaraan roda empat atau lebih, yang berbahan bakar solar atau bensin. Berikut adalah nama dan jenis atau tipe produk, serta konsumen dari produk yang dihasilkan oleh PT Braja Mukti Cakra, dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Bahan baku yang didapatkan dari supplier yaitu dari PT Bakrie Tosanjaya, dimana bahan baku tersebut berupa  *Casting*. Sebelumnya PT Braja Mukti Cakra terdapat industri pengecoran untuk pembuatan bahan baku. Namun seiring berjalannya waktu karena terjadinya krisis pada tahun 1999, PT Braja Mukti Cakra tidak lagi melakukan produksi bahan baku atau *casting* untuk persediaan bahan baku yang akan diolah untuk menjadi komponen otomotif. Oleh karena itu, PT Braja Mukti Cakra saat ini mengambil bahan baku atau material yang berupa *casting* dari *supplier*.

Tabel 4.1. Hasil Produksi PT Braja Mukti Cakra

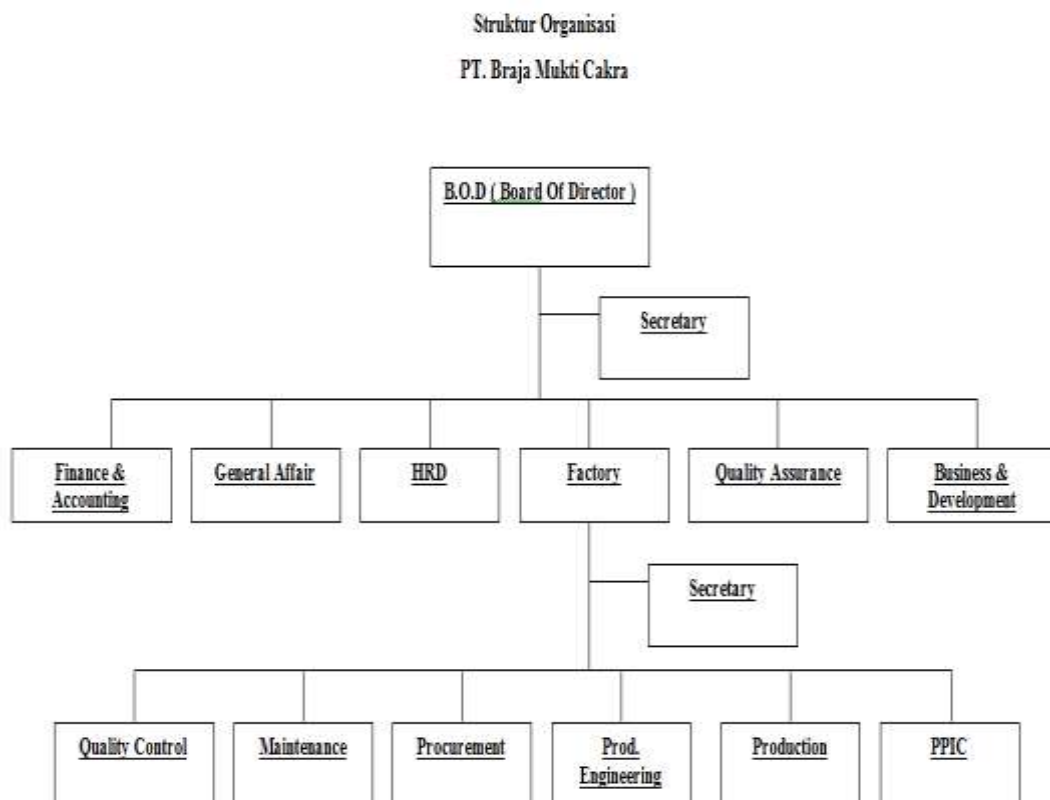
| No | Nama Produk                                                                                           | Customer   | Model                |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|----------------------|
| 1  | <br>Brake Drum       | Mitsubishi | L 300                |
|    |                                                                                                       |            | T 120SS              |
|    |                                                                                                       |            | KUDA VA 1 W          |
|    |                                                                                                       |            | CANTER               |
|    |                                                                                                       |            | FUSO FM/BM           |
|    |                                                                                                       | ISUZU      | BUS BM / FM          |
|    |                                                                                                       | NISSAN     | TRUCK & BUS          |
|    |                                                                                                       | YTE        | TRUCK & BUS          |
| 2  | <br>Fly Wheel        | Mitsubishi | MTB                  |
|    |                                                                                                       |            | TRUCK & BUS (Export) |
|    |                                                                                                       |            | HINO                 |
|    |                                                                                                       |            | TRUCK & BUS (Export) |
|    |                                                                                                       |            | L 300                |
|    |                                                                                                       |            | T 120SS              |
|    |                                                                                                       |            | KUDA VA 1 W          |
|    |                                                                                                       |            | CANTER               |
| 3  | <br>HUB            | Mitsubishi | FUSO FM/BM           |
|    |                                                                                                       |            | BUS BM / FM          |
|    |                                                                                                       |            | TFTA                 |
|    |                                                                                                       |            | TRUCK                |
|    |                                                                                                       |            | TRUCK                |
|    |                                                                                                       |            | DAIHATSU             |
|    |                                                                                                       | ISUZU      | TRUCK                |
|    |                                                                                                       | NISSAN     | TRUCK                |
| 4  | <br>Disc Brake     | Mitsubishi | ISUZU                |
|    |                                                                                                       |            | TRUCK & BUS          |
|    |                                                                                                       |            | MTB                  |
|    |                                                                                                       |            | TRUCK (EXPORT)       |
|    |                                                                                                       |            | BUS FM / RM          |
|    |                                                                                                       |            | FUSO FM/BM           |
|    |                                                                                                       |            | CANTER               |
|    |                                                                                                       |            | KUDA (Export)        |
| 5  | <br>Pressure Plate | Mitsubishi | L 300                |
|    |                                                                                                       |            | T 120SS              |
|    |                                                                                                       |            | KUDA VA 1 W          |
|    |                                                                                                       |            | PANTER (Exported)    |
|    |                                                                                                       |            | PROTON (Exported)    |
|    |                                                                                                       |            | ISUZU                |
|    |                                                                                                       |            | PANTER (Exported)    |
|    |                                                                                                       | Toyota     | Dyna                 |
| 6  | <br>Knuckle        | Mitsubishi | L 300                |

(Sumber: PT Braja Mukti Cakra, 2017)

Untuk produk *Fly Wheel* dengan tipe FW- CJM digunakan untuk mobil T1200SS, FW-SLD digunakan untuk mobil L300, FW-4D33 Canter dan FW-4D34 untuk mobil Fuso

#### 4.1.5 Struktur Organisasi dan Uraian Jabatan Perusahaan

Struktur organisasi di dalam perusahaan merupakan suatu susunan yang menggambarkan dengan jelas hubungan tiap bagian dan posisi yang ada pada perusahaan dalam menjalankan kegiatan untuk mencapai tujuan. Struktur organisasi ini akan mencerminkan karakteristik perusahaan yang terlihat secara jelas dan terstruktur. Struktur organisasi yang terdiri dari anggota perusahaan pada masing-masing bagian baik itu atasan maupun bawahan sesuai tugas dan tanggung jawab masing-masing, sehingga dapat merumuskan maupun menjalankan rencana kerja perusahaan yang handal. Struktur organisasi PT Braja Mukti Cakra, dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 4.2. Struktur Organisasi PT Braja Mukti Cakra  
(Sumber: PT Braja Mukti Cakra, 2017)

*Job description* atau uraian tugas dan tanggung jawab di PT Braja Mukti Cakra, Bekasi Utara adalah sebagai berikut, yaitu:

*HRD Manager* (Manajer Personalia)

Tugas pokok dari *HRD manager* yaitu menyelenggarakan kegiatan kepersonalian dengan mengadakan aktivitas perencanaan, penetapan, pengembangan dan pengendalian sumber daya manusia yang efektif dan efisien. *HRD manager* juga memiliki tugas lain, yaitu:

Mempersiapkan daftar dan laporan gaji serta pemberian kesejahteraan karyawan.

Menentukan promosi dan mutasi karyawan.

Melaksanakan kegiatan penerimaan, penempatan dan penilaian karyawan.

Bertanggung jawab terhadap kenyamanan serta keamanan para karyawan.

Mengevaluasi dan menilai prestasi karyawan.

*Finance Manager* (Manajer Keuangan)

Tugas pokok dari *finance manager* yaitu melaksanakan kegiatan yang berkaitan dengan masalah keuangan dan administrasi perusahaan untuk menjamin perolehan laba yang maksimal dan meminimalkan pengeluaran. *Finance Manager* juga memiliki tugas lain, yaitu:

Bertanggung jawab kepada *board of director*.

Membuat laporan posisi keuangan secara menyeluruh sebagai laporan bulanan dan tahunan.

Bertanggung jawab atas pelaksanaan pelayanan administrasi dan pengamanan arsip-arsip keuangan.

Menyusun anggaran-anggaran yang berhubungan dengan posisi keuangan perusahaan.

Membuat dan mengembangkan program kerja yang mencakup proyeksi anggaran, posisi keuangan serta alokasinya.

Menyiapkan rencana penerimaan dan pengeluaran kas.

Membuat budget perusahaan.

Bertanggung jawab terhadap sistem IT.

Menyampaikan bukti-bukti penerimaan dan pengeluaran kas.

#### *Quality Assurance Manager.*

*Quality Assurance Manager* memiliki tugas dan tanggung jawab antara lain, yaitu:

- a. Membuat program kerja dan evaluasi hasil kerja tahunan, yang meliputi *quality agreement, management program audit* dan *vendor audit*.
- b. Mengkoordinasikan dan mendelegasikan pekerjaan sehari-hari kepada bawahan yang meliputi pekerjaan lapangan, pembuatan laporan atau surat-surat.
- c. Memeriksa hasil kerja bawahan.
- d. Memeriksa dan mengesahkan *quality approval*, dan *inspection confirmation list*.

#### *Faktory manager (Manager Pabrik)*

*Faktory manager* memiliki tugas dan tanggung jawab antara lain, sebagai berikut:

- a. Bertanggung jawab kepada *board of director*.
- b. Melakukan kontrol pada semua bagian yang di bawahinya, menjaga kestabilan produksi dalam mencapai *quality cost and delivery (QCD)* yang tepat.
- c. Menentukan sistem dan prosedur yang tepat dalam mencapai sasaran produksi.
- d. Mempelajari dan menganalisa laporan-laporan yang masuk untuk mengetahui sejauh mana perkembangan pada masing-masing bagian yang di bawahinya.
- e. Mengusulkan dan mengelola anggaran *faktory*.
- f. Membantu *board of director* dalam merumuskan strategi perusahaan.

- g. Membuat laporan bulanan dan tahunan kepada *board of director*.

#### *Production Asisstant Manager (Asisten Manager Produksi)*

*Production Asisstant Manager* memiliki tugas dan tanggung jawab sebagai berikut:

- a. Mengatur kegiatan produksi dan mengawasi jalannya proses produksi sehingga tercapai efisiensi yang diinginkan.
- b. Membuat dan mengontrol jadwal shift kerja serta menganalisa bila terjadi penyimpangan-penyimpangan produksi.
- c. Mengatur prioritas produksi sesuai *schedule* produksi dan menjaga agar produksi sesuai dengan *schedule delivery*.
- d. Membuat laporan bulanan dan tahunan secara konsisten kepada *factory manager*.

#### *Quality Control Asisstant Manager*

*Quality control asisstant manager* memiliki tugas dan tanggung jawabnya adalah sebagai berikut:

- a. Mengkoordinasikan seluruh pekerjaan yang ada di bagiannya.
- b. Menjaga dan mengontrol kualitas produk.
- c. Menganalisa permasalahan yang ada hubungannya dengan kualitas.
- d. Memeriksa hasil pekerjaan bawahan.
- e. Membuat laporan berkala kepada *factory manager*.

#### *Production Engineering Assistant Manager*

*Production engineering assistant manager* memiliki tugas dan tanggung jawabnya adalah sebagai berikut:

- a. Mencari spesifikasi yang tepat untuk *tools* yang digunakan produksi.
- b. Melakukan perhitungan berkaitan dengan analisa efektifitas, efisiensi dan produktifitas.
- c. Membuat laporan berkala kepada *factory manager*.
- d. Menyiapkan *jig* untuk produksi.

- e. Memeriksa mesin kerja, *work standard*, *check sheet* serta merevisi *process sheet*.

#### *Production Planning Inventory Control ( PPIC ) Asisstant Manager*

*Production planning inventory control ( PPIC ) asisstant manager* memiliki tugas dan kewajibannya antara lain sebagai berikut:

- a. Membuat perencanaan jadwal produksi dan *inventory*.
- b. Membuat perhitungan kebutuhan material sesuai dengan jadwal produksi serta mengontrol persediaan material.
- c. Mengontrol pelaksanaan proses produksi untuk disesuaikan dengan target atau jadwal yang ada.
- d. Membuat laporan seluruh kegiatan secara berkala kepada *factory manager*.

#### *Purchasing Asisstant Manager*

*Purchasing asisstant manager* memiliki tugas dan tanggung jawab sebagai berikut:

- a. Pengadaan yang berhubungan dengan penyediaan *spare part* secara efektif, efisien dan tepat waktu.
- b. Mengoptimalkan biaya pembelian semurah mungkin secara langsung dapat menekan biaya operasional.
- c. Meneliti permintaan, pembelian, mengevaluasi, negoosiasi dan memutuskan calon *supplier*.
- d. Mengadakan audit *supplier*.
- e. Membuat laporan berkala kepada *factory manager*.

#### *Maintenance Asisstant Manager*

*Maintenance asisstant manager* memiliki tugas dan tanggung jawab adalah sebagai berikut:

- a. Membuat rencana pemeliharaan dan perbaikan mesin serta melakukan penanganan dengan segera bila terjadi kerusakan.
- b. Membuat laporan secara berkala kepada atasan.
- c. Melaksanakan pekerjaan *install* mesin.

- d. Membuat *work order* untuk bawahannya.
- e. Membuat laporan bulanan dan tahunan kepada *factory manager*.

#### **4.1.6 Proses Produksi Fly Wheel Dan Mesin-Mesin yang Digunakan Untuk Proses Produksi Fly Wheel**

Proses produksi pada produk Fly Wheel di PT Braja Mukti Cakra adalah sebagai berikut:

1. *Finish Lathe 1*

Pada proses ini, bahan baku yang tersedia diproses untuk menghaluskan permukaan kulit *casting* diameter bagian atas sesuai dengan ukuran yang berdasarkan tipe-tipe produk yang ada. Setelah proses selesai, benda kerja dikirim kepada proses berikutnya.

2. *Finish Lathe 2*

Pada proses ini, hasil yang diterima dari proses *lathing-finish 1*, kemudian diproses untuk menghaluskan kulit *casting* diameter bagian bawah sesuai dengan ukuran yang dikehendaki. Setelah proses selesai, benda kerja dikirim pada proses berikutnya.

3. *Drill*

Pada proses ini, hasil yang diterima dari proses *lathing-finish 2*, kemudian diproses untuk menghasilkan lubang pada benda kerja dan membuat ulir bagian dalam pada lubang yang sudah dibuat diproses sebelumnya. . Setelah proses selesai, benda kerja proses selanjutnya.

4. *Finish Lathe 3*

Pada proses ini, hasil yang diterima dari proses *drill-tapping*, selanjutnya diproses untuk tahap *finishing* atau penghalusan *contact disk* secara menyeluruh dari proses *Finish Lathe 1*. Setelah proses selesai, benda kerja dikirim ke proses berikutnya.

5. *Heater*

Pada proses ini, *ring gear* dipanaskan ke dalam mesin *oven* dengan suhu sebesar 260°C-300°C dengan lama waktu 4,5-8 menit. setelah proses pemanasan selesai maka *ring gear* dirakit dengan bahan utama yang telah diproses pada *lathing-finish* 3. Selanjutnya, benda kerja dikirim ke proses berikutnya.

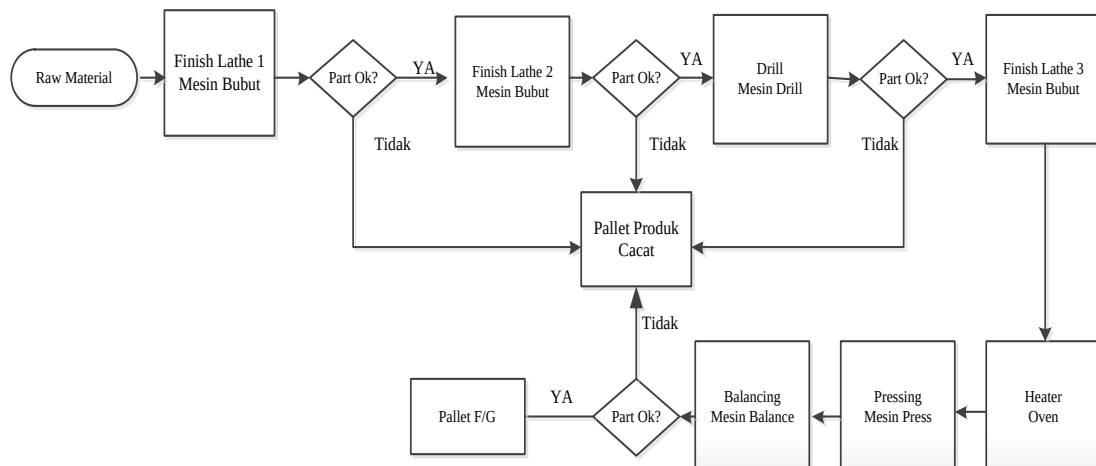
#### 6. *Pressing*

Pada proses ini, hasil yang diterima dari proses *Heater*, selanjutnya diproses dengan cara di *pressing* dengan mesin *press*. Setelah proses *pressing* selesai maka dilanjutkan ke proses berikutnya.

#### 7. *Balancing*

Proses ini merupakan proses akhir sehingga menjadi barang jadi. Pada proses ini bahan baku yang diterima dari proses *pressing* dilakukan tes keseimbangan perputaran pada mesin *balance*, setelah itu dilakukan pembuatan lubang pada kontak *disk*. Setelah dilakukan pembuatan lubang pada kontak *disk* maka dilakukan tes *balance* ulang sampai mendapatkan hasil yang sesuai dengan batas toleransi.

Berdasarkan uraian diatas, maka untuk lebih jelasnya proses pembuatan *Fly Wheel* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Proses Pembuatan *Fly Wheel*

(Sumber: Pengolahan Data)

Adapun mesin-mesin yang digunakan, kapasitas mesin persekali proses dan jumlah mesin yang terdapat pada PT Braja Mukti Cakra untuk membuat *Fly Wheel* dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.2 Mesin-Mesin yang Digunakan Pada PT Braja Mukti Cakra

| No | Proses                | Mesin     | Jumlah Mesin | Proses Persiklus |
|----|-----------------------|-----------|--------------|------------------|
| 1  | <i>Finish Lathe 1</i> | Bubut     | 2            | 1                |
| 2  | <i>Finish Lathe 2</i> | Bubut     | 2            | 1                |
| 3  | Drill                 | Drill     | 2            | 1                |
| 4  | Finish Lathe 3        | Bubut     | 2            | 1                |
| 5  | Heater                | Oven      | 2            | 6                |
| 6  | Press                 | Press     | 2            | 1                |
| 7  | Balancing             | Balancing | 2            | 1                |

(sumber: Hasil Pengumpulan Data)

#### 4.1.7 Pengukuran Waktu Siklus Untuk Setiap Proses Pada setiap Mesin

Waktu siklus pada *lini Fly Wheel* mempunyai waktu yang efektif konstan karena dijalankan oleh mesin-mesin yang sudah diprogram. Tabel 4.3 merupakan waktu siklus berdasarkan hasil pengamatan.

| Sub Grup | Proses Finish Lathe 1 |        |        |        |        | Sub Grup                         | Proses Finish Lathe 2 |       |       |       |       |
|----------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|----------------------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
|          | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |                                  | Waktu (Detik)         |       |       |       |       |
|          | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |                                  | X1                    | X2    | X3    | X4    | X5    |
| 1        | 184,78                | 183,36 | 186,08 | 184,31 | 185,28 | 1                                | 94,82                 | 93,83 | 93,03 | 94,88 | 93,40 |
| 2        | 183,82                | 184,67 | 184,79 | 184,68 | 184,49 | 2                                | 93,86                 | 93,91 | 94,15 | 93,79 | 94,78 |
| 3        | 186,20                | 184,53 | 185,43 | 183,92 | 183,72 | 3                                | 93,89                 | 93,69 | 94,87 | 93,63 | 93,69 |
| 4        | 184,83                | 184,75 | 185,66 | 184,73 | 184,32 | 4                                | 93,70                 | 94,55 | 93,75 | 93,82 | 94,08 |
| 5        | 185,35                | 184,82 | 184,81 | 185,68 | 184,79 | 5                                | 94,75                 | 92,97 | 93,68 | 94,38 | 93,64 |
| 6        | 184,50                | 186,58 | 184,21 | 183,89 | 185,66 | 6                                | 93,74                 | 93,69 | 94,69 | 93,80 | 93,86 |
| Sub Grup | Proses Drill          |        |        |        |        | Sub Grup                         | Proses Finish Lathe 3 |       |       |       |       |
|          | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |                                  | Waktu (Detik)         |       |       |       |       |
|          | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |                                  | X1                    | X2    | X3    | X4    | X5    |
| 1        | 189,25                | 188,37 | 188,79 | 190,19 | 188,68 | 1                                | 93,77                 | 92,35 | 94,90 | 91,95 | 93,20 |
| 2        | 187,96                | 188,44 | 190,34 | 189,34 | 189,68 | 2                                | 94,85                 | 93,69 | 92,00 | 93,83 | 93,93 |
| 3        | 189,49                | 189,06 | 189,69 | 187,99 | 189,10 | 3                                | 94,68                 | 93,73 | 92,41 | 91,69 | 94,69 |
| 4        | 188,83                | 189,48 | 188,48 | 188,92 | 189,49 | 4                                | 93,88                 | 92,26 | 94,88 | 93,92 | 92,19 |
| 5        | 188,08                | 190,47 | 189,86 | 187,69 | 189,88 | 5                                | 92,78                 | 94,78 | 91,90 | 93,75 | 93,00 |
| 6        | 189,86                | 187,80 | 188,91 | 188,90 | 189,12 | 6                                | 93,75                 | 92,03 | 92,72 | 93,97 | 91,68 |
| Sub Grup | Proses Heater         |        |        |        |        | Sub Grup                         | Proses Press          |       |       |       |       |
|          | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |                                  | Waktu (Detik)         |       |       |       |       |
|          | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |                                  | X1                    | X2    | X3    | X4    | X5    |
| 1        | 285,73                | 285,81 | 285,95 | 285,70 | 285,79 | 1                                | 43,59                 | 41,65 | 42,55 | 43,39 | 43,23 |
| 2        | 285,71                | 284,78 | 286,15 | 285,93 | 285,71 | 2                                | 42,39                 | 43,00 | 42,79 | 43,40 | 43,59 |
| 3        | 285,97                | 285,69 | 285,73 | 284,36 | 285,77 | 3                                | 43,78                 | 42,26 | 43,59 | 43,49 | 43,59 |
| 4        | 284,85                | 286,92 | 285,82 | 286,68 | 284,73 | 4                                | 42,33                 | 44,00 | 44,00 | 42,95 | 43,99 |
| 5        | 285,94                | 285,69 | 286,76 | 285,51 | 285,81 | 5                                | 42,21                 | 43,78 | 43,68 | 43,29 | 43,59 |
| 6        | 285,73                | 285,77 | 285,72 | 285,75 | 285,78 | 6                                | 43,07                 | 42,98 | 42,78 | 43,48 | 43,59 |
| Sub Grup | Proses Balancing      |        |        |        |        | (Sumber: Hasil Pengumpulan Data) |                       |       |       |       |       |
|          | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |                                  |                       |       |       |       |       |
|          | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |                                  |                       |       |       |       |       |
| 1        | 74,91                 | 74,45  | 74,91  | 74,37  | 74,35  |                                  |                       |       |       |       |       |
| 2        | 74,10                 | 74,12  | 74,91  | 74,91  | 74,32  |                                  |                       |       |       |       |       |
| 3        | 74,00                 | 74,32  | 74,82  | 74,55  | 74,55  |                                  |                       |       |       |       |       |
| 4        | 74,91                 | 74,45  | 74,76  | 74,67  | 74,26  |                                  |                       |       |       |       |       |
| 5        | 74,35                 | 74,21  | 74,56  | 74,88  | 74,88  |                                  |                       |       |       |       |       |
| 6        | 74,62                 | 74,65  | 74,60  | 74,79  | 74,91  |                                  |                       |       |       |       |       |

Tabel 4.4 Waktu Siklus Untuk Produk FW- 4D33

| Sub Grup | Proses Finish Lathe 1 |        |        |        |        | Sub Grup | Proses Finish Lathe 2 |        |        |        |        |
|----------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|----------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
|          | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |          | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |
|          | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |          | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |
| 1        | 196,28                | 197,33 | 196,43 | 197,37 | 196,88 | 1        | 102,47                | 104,91 | 104,32 | 100,38 | 103,92 |
| 2        | 197,17                | 198,16 | 196,73 | 198,65 | 197,69 | 2        | 103,11                | 105,12 | 106,36 | 103,91 | 102,95 |
| 3        | 198,30                | 198,11 | 197,55 | 197,84 | 198,92 | 3        | 100,31                | 104,07 | 104,89 | 105,56 | 106,38 |
| 4        | 196,42                | 196,67 | 197,74 | 196,92 | 200,29 | 4        | 107,44                | 106,28 | 102,76 | 105,66 | 104,55 |
| 5        | 197,27                | 196,34 | 196,48 | 197,86 | 197,84 | 5        | 107,23                | 104,33 | 104,57 | 105,02 | 102,83 |
| 6        | 196,38                | 197,65 | 196,63 | 200,04 | 198,93 | 6        | 105,65                | 103,63 | 102,61 | 104,78 | 103,87 |
| Sub Grup | Proses Drill          |        |        |        |        | Sub Grup | Proses Finish Lathe 3 |        |        |        |        |
|          | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |          | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |
|          | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |          | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |
| 1        | 195,90                | 195,84 | 197,48 | 194,96 | 194,79 | 1        | 100,22                | 100,29 | 101,65 | 99,35  | 101,75 |
| 2        | 196,89                | 194,77 | 195,61 | 197,31 | 196,67 | 2        | 100,13                | 101,16 | 102,91 | 101,92 | 99,40  |
| 3        | 196,41                | 196,91 | 194,75 | 196,74 | 196,83 | 3        | 99,29                 | 100,63 | 100,85 | 101,57 | 99,53  |
| 4        | 195,32                | 196,79 | 195,91 | 195,69 | 194,68 | 4        | 101,46                | 99,84  | 100,34 | 99,68  | 101,95 |
| 5        | 195,44                | 194,82 | 196,74 | 194,87 | 195,70 | 5        | 99,49                 | 100,37 | 99,54  | 100,86 | 100,81 |
| 6        | 196,68                | 196,28 | 195,89 | 196,57 | 195,94 | 6        | 101,10                | 102,62 | 99,62  | 100,77 | 100,89 |
| Sub Grup | Proses Heater         |        |        |        |        | Sub Grup | Proses Press          |        |        |        |        |
|          | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |          | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |
|          | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |          | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |
| 1        | 288,19                | 288,78 | 288,71 | 288,27 | 288,53 | 1        | 52,46                 | 52,28  | 51,98  | 52,78  | 52,89  |
| 2        | 288,41                | 288,67 | 288,12 | 288,36 | 288,24 | 2        | 52,15                 | 52,44  | 52,92  | 51,91  | 52,36  |
| 3        | 288,35                | 288,38 | 288,51 | 288,69 | 288,67 | 3        | 52,31                 | 52     | 52,83  | 53,16  | 52,84  |
| 4        | 288,22                | 288,55 | 288,48 | 288,29 | 288,83 | 4        | 53,12                 | 52,32  | 51,76  | 52,66  | 52,91  |
| 5        | 288,63                | 288,64 | 288,62 | 288,96 | 288,76 | 5        | 52,23                 | 52,79  | 52,57  | 53,87  | 52,83  |
| 6        | 288,48                | 288,59 | 288,74 | 288,42 | 288,91 | 6        | 52,63                 | 53,65  | 52,16  | 52,63  | 52,87  |
| Sub Grup | Proses Balancing      |        |        |        |        |          |                       |        |        |        |        |
|          | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |          |                       |        |        |        |        |
|          | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |          |                       |        |        |        |        |
| 1        | 85,62                 | 85,85  | 85,59  | 85,38  | 85,32  |          |                       |        |        |        |        |
| 2        | 85,32                 | 85,19  | 85,90  | 85,48  | 85,36  |          |                       |        |        |        |        |
| 3        | 85,17                 | 85,43  | 85,83  | 85,56  | 85,55  |          |                       |        |        |        |        |
| 4        | 85,29                 | 85,59  | 85,76  | 85,66  | 85,34  |          |                       |        |        |        |        |
| 5        | 85,48                 | 85,33  | 85,57  | 85,87  | 85,83  |          |                       |        |        |        |        |
| 6        | 85,65                 | 85,63  | 85,61  | 85,78  | 85,87  |          |                       |        |        |        |        |

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

Tabel 4.5 Waktu Siklus Untuk Produk FW- 4D34

| Sub Grup | Proses Finish Lathe 1 |        |        |        |        | Sub Grup | Proses Finish Lathe 2 |        |        |        |        |
|----------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|----------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
|          | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |          | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |
|          | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |          | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |
| 1        | 200,88                | 201,22 | 201,70 | 202,96 | 202,11 | 1        | 101,63                | 98,76  | 104,19 | 102,00 | 99,78  |
| 2        | 201,32                | 202,42 | 201,17 | 201,58 | 200,76 | 2        | 100,81                | 99,74  | 100,29 | 107,64 | 97,34  |
| 3        | 201,00                | 200,89 | 202,02 | 201,47 | 203,00 | 3        | 98,65                 | 99,57  | 100,32 | 101,19 | 105,32 |
| 4        | 200,43                | 203,74 | 201,36 | 201,60 | 200,58 | 4        | 98,85                 | 101,81 | 97,87  | 104,03 | 103,60 |
| 5        | 203,24                | 200,61 | 201,92 | 201,71 | 201,61 | 5        | 101,32                | 99,76  | 102,14 | 101,84 | 101,98 |
| 6        | 201,19                | 202,85 | 201,92 | 201,78 | 202,09 | 6        | 97,94                 | 104,14 | 101,57 | 99,12  | 100,60 |

Lanjutan...

Tabel 4.5 Waktu Siklus Untuk Produk FW- 4D34 (Lanjutan)

| Sub Grup | Proses Drill     |        |        |        |        | Sub Grup | Proses Finish Lathe 3 |       |       |       |       |
|----------|------------------|--------|--------|--------|--------|----------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
|          | Waktu (Detik)    |        |        |        |        |          | Waktu (Detik)         |       |       |       |       |
|          | X1               | X2     | X3     | X4     | X5     |          | X1                    | X2    | X3    | X4    | X5    |
| 1        | 198,51           | 199,17 | 200,47 | 200,77 | 199,21 | 1        | 99,50                 | 96,60 | 96,43 | 97,32 | 97,67 |
| 2        | 199,33           | 201,18 | 199,64 | 199,15 | 201,78 | 2        | 101,45                | 96,66 | 96,30 | 95,41 | 97,47 |
| 3        | 200,55           | 198,65 | 201,77 | 199,18 | 199,54 | 3        | 98,63                 | 98,42 | 95,75 | 94,63 | 96,62 |
| 4        | 200,08           | 200,61 | 199,12 | 201,10 | 200,32 | 4        | 97,61                 | 95,44 | 95,12 | 96,54 | 95,34 |
| 5        | 201,11           | 201    | 199,51 | 200,23 | 200,73 | 5        | 96,64                 | 97,42 | 97,08 | 95,68 | 96,28 |
| 6        | 200,50           | 199,91 | 201,33 | 199,18 | 200,34 | 6        | 97,67                 | 98,04 | 96,50 | 97,69 | 95,74 |
| Sub Grup | Proses Heater    |        |        |        |        | Sub Grup | Proses Press          |       |       |       |       |
|          | Waktu (Detik)    |        |        |        |        |          | Waktu (Detik)         |       |       |       |       |
|          | X1               | X2     | X3     | X4     | X5     |          | X1                    | X2    | X3    | X4    | X5    |
| 1        | 287,83           | 287,89 | 287,96 | 287,64 | 287,91 | 1        | 49,95                 | 49,68 | 49,48 | 49,83 | 49,51 |
| 2        | 287,93           | 287,53 | 287,85 | 287,71 | 287,88 | 2        | 49,61                 | 49,84 | 49,20 | 49,42 | 49,35 |
| 3        | 287,52           | 287,29 | 287,31 | 287,96 | 287,73 | 3        | 49,17                 | 49    | 49,44 | 49,63 | 49,91 |
| 4        | 287,94           | 287,79 | 287,74 | 287,85 | 287,69 | 4        | 49,67                 | 49,88 | 49,71 | 49,93 | 49,92 |
| 5        | 287,41           | 287,65 | 287,80 | 287,77 | 287,42 | 5        | 49,36                 | 49,55 | 49,49 | 49,58 | 49,82 |
| 6        | 287,56           | 287,38 | 287,64 | 287,63 | 287,71 | 6        | 49,77                 | 49,82 | 49,51 | 49,69 | 49,85 |
| Sub Grup | Proses Balancing |        |        |        |        |          |                       |       |       |       |       |
|          | Waktu (Detik)    |        |        |        |        |          |                       |       |       |       |       |
|          | X1               | X2     | X3     | X4     | X5     |          |                       |       |       |       |       |
| 1        | 82,87            | 82,61  | 82,44  | 82,52  | 82,70  |          |                       |       |       |       |       |
| 2        | 82,44            | 82,79  | 82,99  | 82,84  | 82,81  |          |                       |       |       |       |       |
| 3        | 82,79            | 82,38  | 82,77  | 82,22  | 82,59  |          |                       |       |       |       |       |
| 4        | 82,81            | 82,97  | 82,63  | 82,92  | 82,39  |          |                       |       |       |       |       |
| 5        | 82,36            | 82,23  | 82,74  | 82,36  | 82,56  |          |                       |       |       |       |       |
| 6        | 82,10            | 82,66  | 82,41  | 82,87  | 82,53  |          |                       |       |       |       |       |

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

Tabel 4.6 Waktu Siklus Untuk Produk FW- SLD

| Sub<br>Grup | Proses Finish Lathe 1 |        |        |        |        | Sub<br>Grup | Proses Finish Lathe 2 |       |       |       |       |
|-------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|-------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
|             | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |             | Waktu (Detik)         |       |       |       |       |
|             | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |             | X1                    | X2    | X3    | X4    | X5    |
| 1           | 188,98                | 187,68 | 187,87 | 187,71 | 186,97 | 1           | 96,18                 | 98,35 | 97,84 | 97,11 | 96,91 |
| 2           | 186,70                | 189,33 | 188,17 | 187,99 | 188,86 | 2           | 97,32                 | 96,65 | 97,44 | 98,33 | 96,09 |
| 3           | 188,85                | 185,92 | 187,97 | 188,68 | 187,89 | 3           | 96,00                 | 96,91 | 97,37 | 97,93 | 96,91 |
| 4           | 187,69                | 188,83 | 189,00 | 188,93 | 188,73 | 4           | 97,32                 | 96,56 | 97,13 | 96,91 | 97,87 |
| 5           | 186,80                | 187,97 | 188,84 | 189,00 | 187,89 | 5           | 98,15                 | 97,71 | 96,54 | 97,26 | 97,59 |
| 6           | 188,88                | 189,13 | 188,93 | 186,69 | 188,80 | 6           | 97,21                 | 96,76 | 98,41 | 96,41 | 97,89 |
| Sub<br>Grup | Proses Drill          |        |        |        |        | Sub<br>Grup | Proses Finish Lathe 3 |       |       |       |       |
|             | Waktu (Detik)         |        |        |        |        |             | Waktu (Detik)         |       |       |       |       |
|             | X1                    | X2     | X3     | X4     | X5     |             | X1                    | X2    | X3    | X4    | X5    |
| 1           | 188,20                | 186,95 | 187,13 | 187,68 | 186,72 | 1           | 97,50                 | 96,60 | 95,93 | 97,32 | 97,67 |
| 2           | 186,41                | 187,47 | 187,32 | 188,10 | 187,27 | 2           | 96,45                 | 96,16 | 96,30 | 95,91 | 97,47 |
| 3           | 186,66                | 186,95 | 187,21 | 186,51 | 187,88 | 3           | 98,63                 | 97,42 | 95,35 | 94,63 | 96,62 |
| 4           | 187,85                | 187,88 | 186,87 | 187,54 | 186,48 | 4           | 97,61                 | 95,44 | 95,12 | 96,54 | 95,34 |
| 5           | 187,33                | 187,21 | 188,09 | 186,53 | 188,12 | 5           | 96,64                 | 97,42 | 97,08 | 95,68 | 96,28 |
| 6           | 188,75                | 187,66 | 188,47 | 187,78 | 186,68 | 6           | 97,67                 | 96,04 | 96,50 | 95,69 | 95,74 |

Tabel 4.6 Waktu Siklus Untuk Produk FW- SLD (Lanjutan)

| Sub Grup | Proses Heater    |        |        |        |        | Sub Grup | Proses Press  |       |       |       |       |
|----------|------------------|--------|--------|--------|--------|----------|---------------|-------|-------|-------|-------|
|          | Waktu (Detik)    |        |        |        |        |          | Waktu (Detik) |       |       |       |       |
|          | X1               | X2     | X3     | X4     | X5     |          | X1            | X2    | X3    | X4    | X5    |
| 1        | 285,89           | 285,85 | 285,68 | 285,79 | 285,88 | 1        | 44,98         | 44,79 | 44,69 | 44,71 | 44,90 |
| 2        | 285,86           | 285,91 | 284,78 | 285,89 | 285,69 | 2        | 44,94         | 44,86 | 44,68 | 44,76 | 45,00 |
| 3        | 284,92           | 285,70 | 286,80 | 285,92 | 285,82 | 3        | 44,80         | 45,00 | 44,98 | 44,82 | 44,89 |
| 4        | 285,85           | 284,79 | 285,76 | 285,80 | 285,88 | 4        | 44,90         | 44,75 | 44,85 | 44,78 | 44,71 |
| 5        | 285,96           | 285,68 | 285,87 | 285,98 | 284,96 | 5        | 45,00         | 44,78 | 44,68 | 44,92 | 44,89 |
| 6        | 285,75           | 285,83 | 286,80 | 285,89 | 286,76 | 6        | 44,70         | 44,75 | 44,80 | 44,82 | 44,75 |
| Sub Grup | Proses Balancing |        |        |        |        |          |               |       |       |       |       |
|          | Waktu (Detik)    |        |        |        |        |          |               |       |       |       |       |
|          | X1               | X2     | X3     | X4     | X5     |          |               |       |       |       |       |
| 1        | 75,12            | 75,95  | 75,91  | 75,91  | 75,91  |          |               |       |       |       |       |
| 2        | 75,32            | 75,97  | 75,82  | 75,55  | 75,35  |          |               |       |       |       |       |
| 3        | 75,45            | 75,28  | 75,90  | 75,67  | 75,55  |          |               |       |       |       |       |
| 4        | 75,21            | 75,35  | 75,76  | 75,88  | 75,91  |          |               |       |       |       |       |
| 5        | 75,65            | 75,62  | 75,56  | 75,79  | 75,88  |          |               |       |       |       |       |
| 6        | 75,91            | 75,45  | 75,60  | 75,32  | 75,93  |          |               |       |       |       |       |

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

#### 4.1.8 Data Permintaan Produk

Data permintaan produk yang digunakan adalah data permintaan pada produk *Fly Wheel* tipe *FW-CJM*, *FW-4D33*, *FW- 4D34* dan *FW- SLD*. Data tersebut nantinya akan digunakan sebagai dasar dalam melakukan proses penjadwalan. Data

permintaan tersebut diperoleh dari bagian *production planning and inventory control* (PPIC) di PT Braja Mukti Cakra untuk bulan Januari 2017.

Data permintaan produk *fly wheel* tipe *FW-CJM*, *FW-4D33*, *FW-4D34* dan *FW-SLD* pada bulan Januari 2017 dapat dilihat pada tabel 4.7.

Tabel 4.7. Data Permintaan Produk *Fly Wheel* Bulan Januari 2017

| Data Permintaan Produk Bulan<br>Januari 2017 |             |                      |
|----------------------------------------------|-------------|----------------------|
| No                                           | Tipe Produk | Permintaan<br>(Unit) |
| 1                                            | FW- CJM     | 1.825                |
| 2                                            | FW- 4D33    | 1.405                |
| 3                                            | FW- 4D34    | 1.453                |
| 4                                            | FW- SLD     | 2.010                |

(Sumber: Dept. PPIC, PT Braja Mukti Cakra, 2017)

#### 4.1.9 Uji Kenormalan

Uji kenormalan data digunakan untuk membuktikan bahwa sampel yang diuji, apakah sampel tersebut memenuhi kriteria berhipotesis nol yaitu sampel tersebut berdistribusi normal atau sebaliknya. Maksudnya adalah sampel yang telah memenuhi kriteria berhipotesis alternatif atau tandingannya yang berarti sampel tersebut tidak berdistribusi normal. Untuk melaksanakan uji kenormalan data hasil perhitungan menggunakan bantuan Uji *Kolmogorov–Smirnov* yang terdapat dalam *software* MINITAB untuk melakukan pengujiannya.

Uji *Kolmogorov Smirnov* merupakan pengujian normalitas yang banyak dipakai. Kelebihan dari uji ini adalah sederhana dalam pemakaiannya dan mudah dibaca kesimpulannya. Parameter yang dipakai adalah taraf signifikansi ( $\alpha$ ) sebesar 0,05 yang artinya dari 30 kali pengujian yang dilakukan terdapat 5 kali kesalahan dalam pengambilan keputusan. Nilai  $\alpha$  kemudian akan dibandingkan dengan nilai *p-value* pada *output* Minitab 17. Apabila nilai *p-value*  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima (data berdistribusi normal), sedangkan apabila nilai *p-value*  $< 0,05$  maka  $H_0$  ditolak (data

tidak berdistribusi normal). Uji kenormalan data ini dilakukan berdasarkan data rata-rata waktu siklus sub group masing-masing proses di *Fly Wheel*. Uji kenormalan pada penelitian ini dapat dilihat pada lampiran A.

Pada Tabel 4.8, Tabel 4.9, Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 dapat dilihat rekapitulasi dari nilai masing-masing untuk setiap tipe produk.

Tabel 4.8 Rekapitulasi Uji Kenormalan Data Produk FW- CJM.

| No | Proses                | Tingkat ketelitian | <i>p-value</i> | Keputusan |
|----|-----------------------|--------------------|----------------|-----------|
| 1  | <i>Finish Lathe 1</i> | 0,05               | 0,082          | Normal    |
| 2  | <i>Finish Lathe 2</i> | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 3  | Drill                 | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 4  | Finish Lathe 3        | 0,05               | >0,150         | Normal    |

Lanjutan...

Tabel 4.8 Rekapitulasi Uji Kenormalan Data Produk FW- CJM. (Lanjutan)

| No | Proses    | Tingkat ketelitian | <i>p-value</i> | Keputusan |
|----|-----------|--------------------|----------------|-----------|
| 5  | Heater    | 0,05               | 0,137          | Normal    |
| 6  | Press     | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 7  | Balancing | 0,05               | >0,150         | Normal    |

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

Tabel 4.9 Rekapitulasi Uji Kenormalan Data Produk FW- 4D33

| No | Proses                | Tingkat ketelitian | <i>p-value</i> | Keputusan |
|----|-----------------------|--------------------|----------------|-----------|
| 1  | <i>Finish Lathe 1</i> | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 2  | <i>Finish Lathe 2</i> | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 3  | Drill                 | 0,05               | 0,131          | Normal    |

|   |                |      |        |        |
|---|----------------|------|--------|--------|
| 4 | Finish Lathe 3 | 0,05 | >0,150 | Normal |
| 5 | Heater         | 0,05 | >0,150 | Normal |
| 6 | Press          | 0,05 | >0,150 | Normal |
| 7 | Balancing      | 0,05 | >0,150 | Normal |

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

Tabel 4.10 Rekapitulasi Uji Kenormalan Data Produk FW- 4D34

| No | Proses                | Tingkat ketelitian | <i>p-value</i> | Keputusan |
|----|-----------------------|--------------------|----------------|-----------|
| 1  | <i>Finish Lathe 1</i> | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 2  | <i>Finish Lathe 2</i> | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 3  | Drill                 | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 4  | Finish Lathe 3        | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 5  | Heater                | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 6  | Press                 | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 7  | Balancing             | 0,05               | >0,150         | Normal    |

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

Tabel 4.11 Rekapitulasi Uji Kenormalan Data Produk FW- SLD.

| No | Proses                | Tingkat ketelitian | <i>p-value</i> | Keputusan |
|----|-----------------------|--------------------|----------------|-----------|
| 1  | <i>Finish Lathe 1</i> | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 2  | <i>Finish Lathe 2</i> | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 3  | Drill                 | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 4  | Finish Lathe 3        | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 5  | Heater                | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 6  | Press                 | 0,05               | >0,150         | Normal    |
| 7  | Balancing             | 0,05               | >0,150         | Normal    |

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

#### 4.1.10 Uji Keseragaman Data

Uji Keseragaman data adalah suatu uji untuk mengetahui bahwa tidak ada data [yang](#) terlalu besar atau terlalu kecil dan jauh menyimpang [dari](#) waktu pengukuran secara dengan menggunakan [peta](#) kontrol. Peta kontrol adalah suatu alat yang tepat guna dalam melakukan uji keseragaman data dan peta kontrol ini dibuat dengan bantuan software *Microsoft excel*.

Parameter yang digunakan dalam uji keseragaman data ini dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95% dan ketelitian 5%, yang diartikan bahwa pengukuran membolehkan rata-rata hasil pengukuran menyimpang 5% dari rata-rata sebenarnya dan memungkinkan berhasil mendapatkan data sebenarnya 95%. Sehingga nilai  $k$  yang dipakai adalah 2. Apabila terdapat waktu ekstem, maka tidak menggambarkan waktu yang diperlukan oleh operator untuk menyelesaikan pekerjaan. Waktu ekstrem yang muncul diluar batas kontrol dapat disebabkan oleh kesalahan dalam mengambil waktu pengukuran dengan menggunakan *stopwatch*. Kekeliruan saat pengukuran waktu dilaksanakan pada kondisi [kerja](#) dilapangan sehingga yang diukur menjadi terlalu besar atau terlalu kecil dengan jenjang waktu tertentu. Contoh Perhitungan uji keseragaman data dengan manual dapat dilihat pada proses *Finish Lathe 1*, proses *Finish Lathe 2*, dan drill untuk produk FW- CJM adalah sebagai berikut:

1. Uji keseragaman data proses *Finish Lathe 1* untuk produk FW- CJM.

- a. Perhitungan Standar Deviasi

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

$$\sigma = \sqrt{\frac{(184,78 - 184,82)^2 + \dots + (184,79 - 184,82)^2}{29}}$$

$$\sigma = 0,76$$

- b. Perhitungan Batas Kelas Atas (BKA) dan Batas Kelas Bawah (BKB)

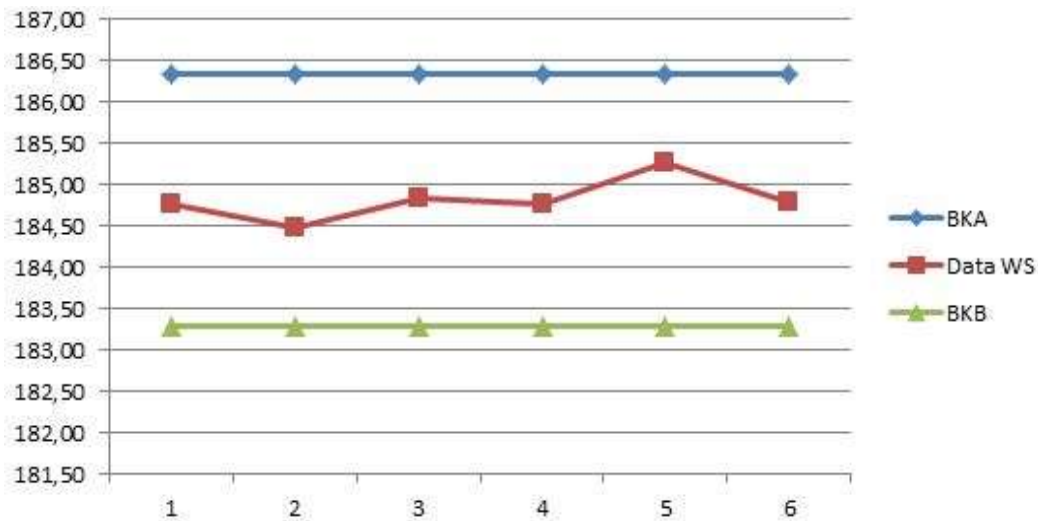
Pada pengujian ini menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5%. Adapun persamaan yang digunakan peta kontrol adalah sebagai berikut:

$$BKA = \bar{X} + 2\sigma = 184,82 \text{ detik} + 2 (0,76) = 186,35 \text{ detik}$$

$$BKB = \bar{X} - 2\sigma = 184,82 \text{ detik} - 2 (0,76) = 183,30 \text{ detik}$$

c. Pembuatan Peta Kontrol

Pembuatan peta kontrol dilakukan dengan memasukkan waktu rata-rata data waktu siklus dari setiap subgroup yang dilengkapi dengan nilai BKA, BKB, dan nilai rata-rata.



Gambar 4.4 Peta Kontrol Uji Keseragaman Data Proses *Finish Lathe 1* Untuk Produk FW- CJM.

(Sumber: Pengolahan Data)

2. Uji keseragaman data proses *Finish Lathe 2* pada produk FW- CJM

a. Perhitungan Standar Deviasi

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

$$\sigma = \sqrt{\frac{(94,82 - 93,98)^2 + (94,38 - 93,98)^2 + \dots + (93,86 - 93,98)^2}{29}}$$

$$\sigma = 0,52$$

b. Perhitungan Batas Kelas Atas (BKA) dan Batas Kelas Bawah (BKB)

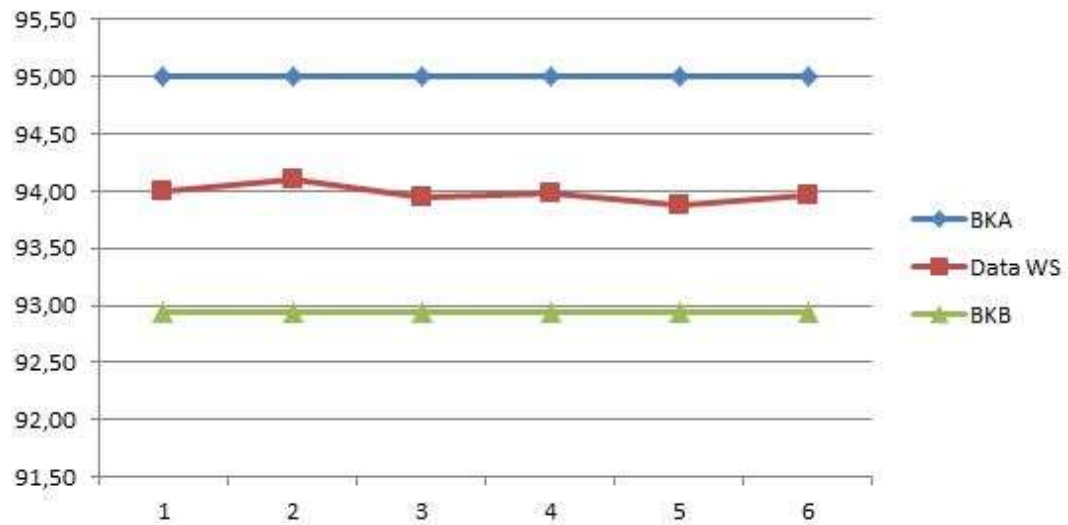
Pada pengujian ini menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5%. Adapun persamaan yang digunakan peta kontrol adalah sebagai berikut:

$$BKA = \bar{X} + 2\sigma = 93,98 \text{ detik} + 2 (0,52) = 95,01 \text{ detik}$$

$$BKB = \bar{X} - 2\sigma = 93,98 \text{ detik} - 2 (0,52) = 92,94 \text{ detik}$$

c. Pembuatan Peta Kontrol

Pembuatan peta kontrol dilakukan dengan memasukkan waktu rata-rata data waktu siklus dari setiap subgroup yang dilengkapi dengan nilai BKA, BKB, dan nilai rata-rata.



Gambar 4.4 Grafik Peta Kontrol Uji Keseragaman Data Proses *Finish Lathe 2* Untuk Produk FW- CJM.

(Sumber: Pengolahan Data)

3. Uji keseragaman data proses Drill untuk produk FW- CJM.

a. Perhitungan Standar Deviasi

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

$\sigma$

$$= \sqrt{\frac{(189,25 - 189,07)^2 + (187,80 - 189,07)^2 + \dots + (189,12 - 189,07)^2}{29}}$$

$$\sigma = 0,76$$

b. Perhitungan Batas Kelas Atas (BKA) dan Batas Kelas Bawah (BKB)

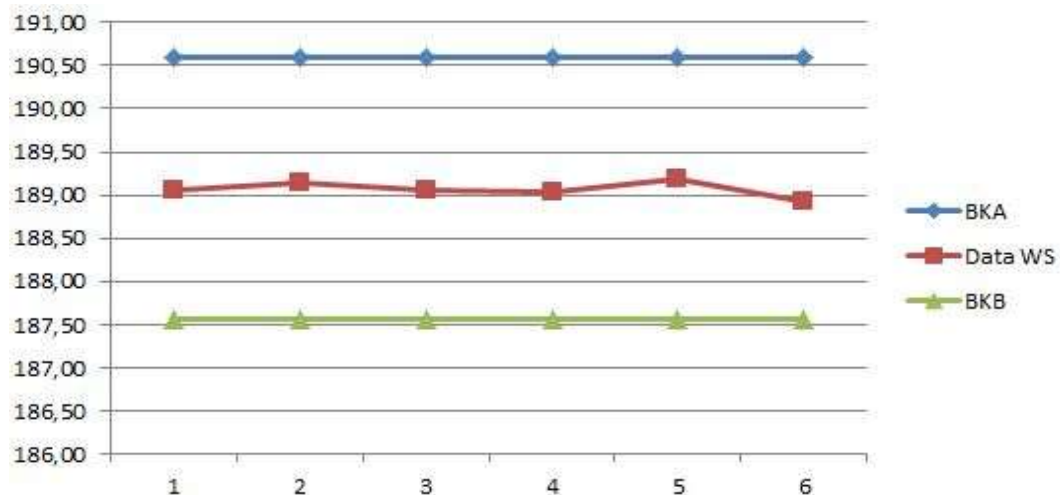
Pada pengujian ini menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5%. Adapun persamaan yang digunakan peta kontrol adalah sebagai berikut:

$$BKA = \bar{X} + 2\sigma = 189,07 \text{ detik} + 2 (0,76) = 190,59 \text{ detik}$$

$$BKB = \bar{X} - 2\sigma = 189,07 \text{ detik} - 2 (0,76) = 187,56 \text{ detik}$$

a. Pembuatan Peta Kontrol

Pembuatan peta kontrol dilakukan dengan memasukkan waktu rata-rata data waktu siklus dari setiap subgroup yang dilengkapi dengan nilai BKA, BKB, dan nilai rata-rata.



Gambar 4.5 Grafik Peta Kontrol Uji Keseragaman Data Proses Drill Untuk Produk FW-CJM.

(Sumber: Pengolahan Data)

Untuk kelanjutan hasil dari uji keseragaman data dalam penelitian ini dapat dilihat dilampiran B.

#### 4.1.11 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mengetahui apakah data hasil pengamatan yang telah diambil sudah cukup mewakili populasinya atau banyaknya waktu pengukuran pendahulu yang telah dilakukan lebih besar dari banyaknya waktu pengukuran sesungguhnya yang diperlukan ( $N > N'$ ), bila belum maka perlu diadakan pengamatan tambahan hingga cukup mewakili populasinya. Pada penelitian ini tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95% dan tingkat ketelitian yang digunakan adalah 5%. Uji kecukupan data ini dilakukan berdasarkan data waktu pengamatan yang telah diamati pada masing-masing proses pada mesin di *line fly wheel*. berikut adalah rumus yang digunakan pada uji kecukupan data:

$$N' = \left[ \frac{40 \sqrt{N \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2}}{\sum X_i} \right]^2$$

Perhitungan uji kecukupan data untuk setiap proses produk pada mesin adalah sebagai berikut:

1. Uji Kecukupan Data Proses *Finish Lathe 1* Untuk Produk FW- CJM.

$$N' = \left[ \frac{40 \sqrt{30(7.948.565,26) - (264.959,93)^2}}{2819,32} \right]^2$$

$$N' = 0,047 \approx 1$$

Dari hasil perhitungan data proses finish lathe 3 untuk produk FW- CJM, di peroleh nilai  $N' = 0,047 \approx 1$ , sedangkan  $N = 30$ . Maka data telah mencukupi untuk data penelitian. Hal ini dikarenakan  $N > N'$  yaitu  $30 > 0,047$ .

2. Uji Kecukupan Data Proses *Finish Lathe 2* Untuk Produk FW- CJM.

$$N' = \left[ \frac{40 \sqrt{30(6.741.500,67) - (224.750,52)^2}}{2.596,44} \right]^2$$

$$N' = 0,170 \approx 1$$

Dari hasil perhitungan data proses *Finish Lathe 2* untuk produk FW- CJM, di peroleh nilai  $N' = 0,170 \approx 1$ , sedangkan  $N = 30$ . Maka data telah mencukupi untuk data penelitian. Hal ini dikarenakan  $N > N'$  yaitu  $30 > 0,170$ .

Tabel 4.12, Tabel 4.13, Tabel 4.12 dan Tabel 4.15 adalah hasil rekapitulasi dari uji kecukupan data untuk masing-masing proses pada masing-masing mesin untuk setiap produk.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Produk FW-CJM.

| No | Proses                | N  | N'    | Keputusan |
|----|-----------------------|----|-------|-----------|
| 1  | <i>Finish Lathe 1</i> | 30 | 0,047 | Cukup     |
| 2  | <i>Finish Lathe 2</i> | 30 | 0,017 | Cukup     |
| 3  | Drill                 | 30 | 0,025 | Cukup     |
| 4  | Finish Lathe 3        | 30 | 0,204 | Cukup     |
| 5  | Heater                | 30 | 0,005 | Cukup     |
| 6  | Press                 | 30 | 0,302 | Cukup     |
| 7  | Balancing             | 30 | 0,022 | Cukup     |

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

Tabel 4.13 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Produk FW- SLD.

| No | Proses                | N  | N'    | Keputusan |
|----|-----------------------|----|-------|-----------|
| 1  | <i>Finish Lathe 1</i> | 30 | 0,075 | Cukup     |
| 2  | <i>Finish Lathe 2</i> | 30 | 0,034 | Cukup     |
| 3  | Drill                 | 30 | 0,018 | Cukup     |
| 4  | Finish Lathe 3        | 30 | 0,145 | Cukup     |
| 5  | Heater                | 30 | 0,004 | Cukup     |
| 6  | Press                 | 30 | 0,008 | Cukup     |
| 7  | Balancing             | 30 | 0,018 | Cukup     |

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

Tabel 4.14 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Produk 4D34

| No | Proses                | N  | N'    | Keputusan |
|----|-----------------------|----|-------|-----------|
| 1  | <i>Finish Lathe 1</i> | 30 | 0,026 | Cukup     |
| 2  | <i>Finish Lathe 2</i> | 30 | 0,849 | Cukup     |
| 3  | Drill                 | 30 | 0,032 | Cukup     |
| 4  | Finish Lathe 3        | 30 | 0,329 | Cukup     |
| 5  | Heater                | 30 | 0,001 | Cukup     |
| 6  | Press                 | 30 | 0,038 | Cukup     |
| 7  | Balancing             | 30 | 0,013 | Cukup     |

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

Tabel 4.15 Rekapitulasi Uji Kecukupan Data Produk 4D33.

| No | Proses                | N  | N'    | Keputusan |
|----|-----------------------|----|-------|-----------|
| 1  | <i>Finish Lathe 1</i> | 30 | 0,044 | Cukup     |
| 2  | <i>Finish Lathe 2</i> | 30 | 0,415 | Cukup     |
| 3  | Drill                 | 30 | 0,029 | Cukup     |
| 4  | Finish Lathe 3        | 30 | 0,153 | Cukup     |
| 5  | Heater                | 30 | 0,001 | Cukup     |
| 6  | Press                 | 30 | 0,129 | Cukup     |
| 7  | Balancing             | 30 | 0,010 | Cukup     |

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

#### 4.1.12 Menghitung Waktu Siklus, Waktu Normal dan Waktu Standar

Setelah uji kenormalan, uji keseragaman dan uji kecukupan data, maka langkah selanjutnya adalah menghitung waktu standar untuk setiap jenis produk pada proses pengerjaan. Sebelum mendapatkan hasil perhitungan waktu standar, terlebih

dahulu harus menghitung waktu siklus rata-rata dan waktu normal. Dalam perhitungan waktu standar juga diperlukan adanya *Rating Factor* (RF) dan Faktor Kelonggaran (*Allowance*). Untuk mencapai perhitungan waktu standar maka rumus yang digunakan adalah sebagai berikut:

4. Hitung Waktu Siklus Rata-Rata

Waktu siklus

$$Ws = \frac{\sum X_i}{N}$$

Dimana :

Ws = waktu siklus

$X_i$  = waktu pengukuran

N = banyaknya pengukuran yang dilakukan

5. Hitung Waktu Normal

$$Wn = Ws \times (1 + RF)$$

Dimana :

Wn = Waktu normal

Ws = Waktu siklus

P = faktor penyesuaian

6. Menghitung Waktu Baku

$$Wb = Wn \times (1 + A)$$

Dimana :

Wb = Waktu standar

Wn = Waktu normal

A = Kelonggaran

Adapun perhitungan waktu siklus, waktu normal, dan waktu baku yang dapat dijelaskan pada perhitungan dari setiap proses pada mesin yang ada untuk setiap produk FW- CJM, FW- 4D33, FW- 4D34 dan FW- SLD adalah sebagai berikut:

1. Proses *Finish Lathe 1* Untuk Produk CJM.

a. Waktu siklus

$$W_s = \frac{\sum x_i}{N}$$

$$W_s = (184,78 + 183,36 + 186,08 + \dots + 184,82 + 184,21)/30$$

$$W_s = 184,82 \text{ detik/unit}$$

b. Waktu Normal

Pada perhitungan waktu normal diperlukan faktor penyesuaian untuk seorang operator melakukan suatu aktivitas. Faktor penyesuaian tersebut mempertimbangkan dari segi kemampuan (*skill*), usaha (*effort*), konsistensi (*consistency*), dan kondisi (*condition*).

Tabel 4.16 Faktor Penyesuaian Proses *Finish Lathe 1*.

| Proses                | Indikator          | Class              | Nilai Rating Faktor |
|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| <i>Finish Lathe 1</i> | <i>Skill</i>       | <i>Good (C1)</i>   | +0,06               |
|                       | <i>Effort</i>      | <i>Good (C1)</i>   | +0,05               |
|                       | <i>Condition</i>   | <i>Good (C)</i>    | +0,02               |
|                       | <i>Consistency</i> | <i>Average (C)</i> | +0,01               |
|                       | Total              |                    | +0,14               |

(Sumber: Pengumpulan data)

Adapun perhitungan waktu normal *Finish Lathe 1* sebagai berikut:

$$W_n = W_s \times (1 + RF)$$

$$W_n = 184,82 \times (1 + 0,14)$$

$$W_n = 210,69 \text{ detik/unit}$$

c. Waktu Standar

Waktu yang diperlukan sumber daya untuk dapat menyelesaikan 1 unit produk dengan adanya faktor kelonggaran (*Allowance*). Faktor kelonggaran mempertimbangkan atas beberapa hal sebagai berikut:

Tabel 4.17 Faktor kelonggaran proses *Finish Lathe 1*.

| Proses                | Faktor             | Keterangan    | Kelonggaran |
|-----------------------|--------------------|---------------|-------------|
| <i>Finish Lathe 1</i> | Kebutuhan Pribadi  | Pria          | 2 %         |
|                       | Keadaan Lingkungan | Sangat Bising | 3 %         |

|  |                         |                                    |      |
|--|-------------------------|------------------------------------|------|
|  | Tenaga yang Dikeluarkan | Sedang                             | 10 % |
|  | Sikap Kerja             | Berdiri Dua Kaki                   | 1 %  |
|  | Gerakan Kerja           | Normal                             | 0    |
|  | Kelelahan Mata          | Pandangan Terus,<br>Faktor Berubah | 2 %  |
|  | Temperatur Tempat Kerja | Normal                             | 2 %  |
|  | Total                   |                                    | 20 % |

(Sumber: Sutamaksana, 2009)

Adapun perhitungan waktu standar *Finish lathe 1*, sebagai berikut:

$$W_b = W_n \times (1+A)$$

$$W_b = 210,69 \times (1+0,20)$$

$$W_b = 252,83 \text{ detik/unit}$$

2. Proses *Finish Lathe 2* Untuk Produk FW- CJM.

a. Waktu siklus

$$W_s = \frac{\sum X_i}{N}$$

$$W_s = (94,82 + 93,03 + 92,97 + \dots + 93,69 + 93,86)/30$$

$$W_s = 93,98 \text{ detik/unit}$$

b. Waktu Normal

Pada perhitungan waktu normal diperlukan faktor penyesuaian untuk seorang operator melakukan suatu aktivitas. Faktor penyesuaian tersebut mempertimbangkan dari segi kemampuan (*skill*), usaha (*effort*), konsistensi (*consistency*), dan kondisi (*condition*).

Tabel 4.18 Faktor Penyesuaian Proses *Finish Lathe 2*.

| Proses                | Indikator          | Class              | Nilai Rating Faktor |
|-----------------------|--------------------|--------------------|---------------------|
| <i>Finish Lathe 2</i> | <i>Skill</i>       | <i>Good (C2)</i>   | +0,03               |
|                       | <i>Effort</i>      | <i>Good (C1)</i>   | +0,05               |
|                       | <i>Condition</i>   | <i>Good (C)</i>    | +0,02               |
|                       | <i>Consistency</i> | <i>Average (C)</i> | +0,01               |
|                       | Total              |                    | +0,11               |

(Sumber: Pengumpulan Data)

Adapun perhitungan waktu normal *Finish Lathe 2* sebagai berikut:

$$W_n = W_s \times (1 + RF)$$

$$W_n = 93,98 \times (1 + 0,11)$$

$$W_n = 104,32 \text{ detik/unit}$$

c. Waktu Standar

Waktu yang diperlukan sumber daya untuk dapat menyelesaikan 1 unit produk dengan adanya faktor kelonggaran (*Allowance*). Faktor kelonggaran mempertimbangkan atas beberapa hal sebagai berikut:

Tabel 4.19 Faktor Kelonggaran Proses *Finish Lathe 2*.

| Proses                | Faktor                  | Keterangan                      | Kelonggaran (%) |
|-----------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------|
| <i>Finish Lathe 2</i> | Kebutuhan Pribadi       | Pria                            | 2 %             |
|                       | Keadaan Lingkungan      | Sangat Bising                   | 3 %             |
|                       | Tenaga yang Dikeluarkan | Sedang                          | 10 %            |
|                       | Sikap Kerja             | Berdiri Dua Kaki                | 1 %             |
|                       | Gerakan Kerja           | Normal                          | 0               |
|                       | Kelelahan Mata          | Pandangan Terus, Faktor Berubah | 2 %             |
|                       | Temperatur Tempat Kerja | Normal                          | 2 %             |
|                       | Total                   |                                 | 20 %            |

(Sumber: Sutlaksana, 2006)

Adapun perhitungan waktu standar *Finish Lathe 2*, sebagai berikut:

$$W_b = W_n \times (1 + A)$$

$$W_b = 104,32 \times (1 + 0,20) = 125,18 \text{ detik/unit}$$

Perhitungan waktu siklus, waktu normal, dan waktu standar proses pekerjaan pada mesin untuk setiap produk selanjutnya dapat dilihat pada lampiran D. Rekapitulasi  $W_b$  atau waktu standar dapat dilihat pada tabel 4.20.

Tabel 4.20 Rekapitulasi Waktu Standar Tiap Proses Pada Tiap Mesin

| No. | Proses                | Nama Mesin   | Waktu Standar (detik/unit) |         |         |        |
|-----|-----------------------|--------------|----------------------------|---------|---------|--------|
|     |                       |              | FW-CJM                     | FW-4D33 | FW-4D34 | FW-SLD |
| 1.  | <i>Finish Lathe 1</i> | <i>Bubut</i> | 252,83                     | 270,26  | 266,24  | 257,44 |

|       |                       |                |         |         |         |         |
|-------|-----------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|
| 2.    | <i>Finish Lathe 2</i> | <i>Bubut</i>   | 125,18  | 138,97  | 134,70  | 129,53  |
| 3.    | Drill                 | <i>Drill</i>   | 251,84  | 268,09  | 264,17  | 256,34  |
| 4.    | Finish Lathe 3        | <i>Bubut</i>   | 124,28  | 137,72  | 132,59  | 128,52  |
| 5.    | Heater                | <i>Oven</i>    | 380,61  | 394,71  | 393,58  | 380,73  |
| 6.    | Press                 | <i>Press</i>   | 57,02   | 70,08   | 66,09   | 61,63   |
| 7.    | Balancing             | <i>Balance</i> | 99,33   | 117,05  | 113,01  | 103,49  |
| Total |                       |                | 1291,10 | 1396,86 | 1370,38 | 1317,38 |

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

#### 4.1.13 Perhitungan Waktu Proses

Untuk menghitung waktu proses tiap mesin ( $W_p$ ) dapat diperoleh dari hasil perkalian banyaknya jumlah permintaan dikali dengan kecepatan mesin lalu dibagi dengan jumlah mesin dikali proses persiklus mesin.

$$W_p = \frac{\text{Jumlah Permintaan} \times \text{Waktu Stanadar Mesin}}{\text{Jumlah Mesin} \times \text{Proses Persiklus Mesin}}$$

Dari rumus di atas perhitungan waktu proses dapat dilakukan. Perhitungan waktu proses dimulai dari *job* pertama disetiap mesin dan *job* selanjutnya. Pada penelitian ini perhitungan waktu proses didukung dengan adanya data jumlah permintaan. Jumlah permintaan untuk tiap produk dapat dilihat pada tabel 4.7.

Perhitungan waktu proses untuk setiap proses pekerjaan pada mesin adalah sebagai berikut:

Waktu proses untuk produk FW- CJM

Waktu proses *Finish Lathe 1* Waktu proses *Finish Lathe 1*

$$W_p = \frac{\text{Jumlah Permintaan} \times \text{Waktu Stanadar Mesin}}{\text{Jumlah Mesin} \times \text{Proses Persiklus Mesin}}$$

$$W_p = \frac{1825 \times 252,83}{2 \times 1}$$

$$W_p = 230.710,81 \text{ detik}$$

Waktu Proses *Finish Lathe 2*

$$W_p = \frac{\text{Jumlah Permintaan} \times \text{Waktu Stanadar Mesin}}{\text{Jumlah Mesin} \times \text{Proses Persiklus Mesin}}$$

$$W_p = \frac{1825 \times 125,18}{2 \times 1}$$

$$W_p = 114.230,40 \text{ detik}$$

Waktu proses Drill

$$Wp = \frac{\text{Jumlah Permintaan} \times \text{Waktu Stanadar Mesin}}{\text{Jumlah Mesin} \times \text{Proses Persiklus Mesin}}$$

$$Wp = \frac{1825 \times 251,83}{2 \times 1}$$

$$Wp = 229.807,65 \text{ detik}$$

Waktu Proses Finish Lathe 3

$$Wp = \frac{\text{Jumlah Permintaan} \times \text{Waktu Stanadar Mesin}}{\text{Jumlah Mesin} \times \text{Proses Persiklus Mesin}}$$

$$Wp = \frac{1825 \times 124,28}{2 \times 1}$$

$$Wp = 113.409,15 \text{ detik}$$

Waktu Proses Heater

$$Wp = \frac{\text{Jumlah Permintaan} \times \text{Waktu Stanadar Mesin}}{\text{Jumlah Mesin} \times \text{Proses Persiklus Mesin}}$$

$$Wp = \frac{1825 \times 380,61}{2 \times 6}$$

$$Wp = 57.883,78 \text{ detik}$$

Waktu proses pressing

$$Wp = \frac{\text{Jumlah Permintaan} \times \text{Waktu Stanadar Mesin}}{\text{Jumlah Mesin} \times \text{Proses Persiklus Mesin}}$$

$$Wp = \frac{1825 \times 57,02}{2 \times 1}$$

$$Wp = 52.034,40 \text{ detik}$$

Waktu proses balancing

$$Wp = \frac{\text{Jumlah Permintaan} \times \text{Waktu Stanadar Mesin}}{\text{Jumlah Mesin} \times \text{Proses Persiklus Mesin}}$$

$$Wp = \frac{1825 \times 99,33}{2 \times 1}$$

$$Wp = 90.636,11 \text{ detik}$$

Untuk hasil perhitungan waktu proses pada produk FW-CJM, FW- 4D33, FW-4D34 dan FW- SLD pada setiap mesin dapat dilihat pada lampiran E. Adapun hasil perhitungan waktu proses untuk seluruh produk dapat dilihat dalam rangkuman pada rekapitulasi yang tertera pada tabel 4.21 berikut:

Tabel 4.21 Rekapitulasi Waktu Proses

| No. | Proses | Mesin | Waktu Proses (detik) |
|-----|--------|-------|----------------------|
|-----|--------|-------|----------------------|

|       |                       |                | (J1)<br>FW-CJM | (J2)<br>FW-4D33 | (J3)<br>FW-4D34 | (J3)<br>FW-SLD |
|-------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 1.    | <i>Finish Lathe 1</i> | <i>Bubut</i>   | 230.710,81     | 189.859,11      | 193.426,27      | 258.731,14     |
| 2.    | <i>Finish Lathe 2</i> | <i>Bubut</i>   | 114.230,40     | 97.624,71       | 97.859,55       | 130.175,64     |
| 3.    | <i>Drill</i>          | <i>Drill</i>   | 229.807,65     | 188.331,09      | 191.918,05      | 257.625,72     |
| 4.    | <i>Finish Lathe 3</i> | <i>Bubut</i>   | 113.409,15     | 96.745,88       | 96.325,18       | 129.162,60     |
| 5.    | <i>Heater</i>         | <i>Oven</i>    | 57.883,78      | 46.213,85       | 47.655,49       | 63.771,53      |
| 6.    | <i>Press</i>          | <i>Press</i>   | 52.034,40      | 49.228,76       | 48.017,17       | 61.634,08      |
| 7.    | <i>Balancing</i>      | <i>Balance</i> | 90.636,11      | 82.224,87       | 82.102,11       | 104.005,15     |
| Total |                       |                | 888.712,29     | 750.228,27      | 757.303,83      | 1.005.106,15   |

(Sumber: Hasil Pengumpulan Data)

Karena data yang dihasilkan sangat besar dalam satuan detik maka akan dikonversikan ke dalam satuan jam. Waktu penyelesaian setelah dikonversikan ke dalam satuan jam dapat dilihat pada tabel 4.22.

Tabel 4.22 Rekapitulasi Waktu Proses Setelah Dikonversi Dalam Satuan Jam.

| No.   | Proses                | Mesin          | Waktu Proses (jam) |                 |                 |                |
|-------|-----------------------|----------------|--------------------|-----------------|-----------------|----------------|
|       |                       |                | (J1)<br>FW-CJM     | (J2)<br>FW-4D33 | (J3)<br>FW-4D34 | (J3)<br>FW-SLD |
| 1.    | <i>Finish Lathe 1</i> | <i>Bubut</i>   | 64,09              | 52,74           | 53,73           | 71,87          |
| 2.    | <i>Finish Lathe 2</i> | <i>Bubut</i>   | 31,73              | 27,12           | 27,18           | 36,16          |
| 3.    | <i>Drill</i>          | <i>Drill</i>   | 63,84              | 52,31           | 53,31           | 71,56          |
| 4.    | <i>Finish Lathe 3</i> | <i>Bubut</i>   | 31,50              | 26,87           | 26,76           | 35,88          |
| 5.    | <i>Heater</i>         | <i>Oven</i>    | 16,08              | 12,84           | 13,24           | 17,71          |
| 6.    | <i>Press</i>          | <i>Press</i>   | 14,45              | 13,34           | 13,34           | 17,12          |
| 7.    | <i>Balancing</i>      | <i>Balance</i> | 25,18              | 22,84           | 22,81           | 28,89          |
| Total |                       |                | 246,86             | 208,40          | 210,36          | 279,40         |

## 4.2 Pengolahan Data

### 4.2.1 Metode Penjadwalan Perusahaan

Sistem penjadwalan produksi yang diterapkan perusahaan saat ini adalah system penjadwalan produksi Firs Come First Serve, dimana penjadwalan ini lebih mendahulukan orderan yang pertama masuk. Adapun urutan pengerjaan *job* yang

dimiliki perusahaan saat ini untuk memenuhi permintaan yakni, *FW CJM- FW 4D33- FW 4D34-FW SLD*.

Berikut ini merupakan perhitungan waktu penyelesaian setiap *job* disetiap mesin sesuai dengan urutan pengerjaan *job* yang sudah disebutkan sebelumnya, dan dapat dilihat hasilnya pada tabel.

Tabel 4.23 *Makespan* Penjadwalan Perusahaan Dengan Metode FCFS

| <i>Job</i> | M1     | M2     | M3     | M4     | M5     | M6     | M7     |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| CJM        | 64,09  | 95,82  | 159,65 | 191,16 | 207,23 | 221,69 | 246,86 |
| 4D33       | 143,94 | 143,94 | 211,97 | 238,84 | 251,68 | 265,35 | 288,19 |
| 4D34       | 170,55 | 197,74 | 265,28 | 292,03 | 305,27 | 318,61 | 341,42 |
| SLD        | 242,42 | 278,58 | 350,15 | 386,03 | 403,74 | 420,86 | 449,75 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Dari hasil perhitungan diatas dapat diketahui bahwa *makespan* yang dihasilkan pada kondisi saat ini dengan menerapkan metode First Come First Serve (FCFS) yakni sebesar 449,75 jam. Selanjutnya menghitung *mean flow time* dari pekerjaan yang ada. Adapun rumus *mean flow time* sebagai berikut:

$$Flow\ Time = \sum M7$$

$$Mean\ Flow\ Time = \frac{Flow\ time}{Jumlah\ job}$$

$$\begin{aligned} Flow\ time &= 246,86\ jam + 288,19\ jam + 341,42\ jam + 449,75\ jam \\ &= 1.326,22\ jam \end{aligned}$$

$$MFT = 1.326,22/4 = 331,56\ jam$$

Dari hasil perhitungan *mean flow time* diatas dapat diketahui besarnya *mean flow time* untuk pekerjaan yang ada adalah sebesar 331,56 jam.

#### 4.2.2 Metode Penjadwalan Algoritma Nawas, Ensore Dan Ham

Penjadwalan n pekerjaan terhadap m mesin adalah sebagai berikut:

Lahkah 1:

1. Menjumlahkan waktu proses setiap *job*

Tabel 4.24 Data Waktu Proses Tiap *Job* Pada Tiap Mesin

| Mesin | Job (Jam) |           |           |          |
|-------|-----------|-----------|-----------|----------|
|       | CJM (J1)  | 4D33 (J2) | 4D34 (J3) | SLD (J4) |
| 1     | 64,09     | 52,74     | 53,73     | 71,87    |
| 2     | 31,73     | 27,12     | 27,18     | 36,16    |
| 3     | 63,84     | 52,31     | 53,31     | 71,56    |
| 4     | 31,50     | 26,87     | 26,76     | 35,88    |
| 5     | 16,08     | 12,84     | 13,24     | 17,71    |
| 6     | 14,45     | 13,34     | 13,34     | 17,12    |
| 7     | 25,18     | 22,84     | 22,81     | 28,89    |
| Ti    | 246,86    | 208,40    | 210,36    | 279,20   |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

2. Mengurutkan *job-job* mulai dari waktu proses terbesar

Tabel 4.25 Urutan *Job* Berdasarkan Waktu Proses Terbesar

| Mesin | Job (Jam) |          |           |           |
|-------|-----------|----------|-----------|-----------|
|       | SLD (J4)  | CJM (J1) | 4D34 (J3) | 4D33 (J2) |
| 1     | 71,87     | 64,09    | 53,73     | 52,74     |
| 2     | 36,16     | 31,73    | 27,18     | 27,12     |
| 3     | 71,56     | 63,84    | 53,31     | 52,31     |
| 4     | 35,88     | 31,50    | 26,76     | 26,87     |
| 5     | 17,71     | 16,08    | 13,24     | 12,84     |
| 6     | 17,12     | 14,45    | 13,34     | 13,67     |
| 7     | 28,89     | 25,18    | 22,81     | 22,84     |
| Ti    | 279,20    | 246,86   | 210,36    | 208,40    |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

3. Membuat penjadwalan parsial dua *job* dimulai dari total waktu proses terbesar terlebih dahulu yakni *Job J4-Job J1* dengan nol.

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 1     | J4  | 71,87  | 0      | 71,87  |
| 1     | J1  | 64,09  | 71,87  | 135,96 |
| 2     | J4  | 36,16  | 71,87  | 108,03 |
| 2     | J1  | 31,73  | 135,96 | 167,69 |

|      |          |    |       |        |        |       |
|------|----------|----|-------|--------|--------|-------|
| 4.26 | <b>3</b> | J4 | 71,56 | 108,03 | 179,59 | Tabel |
|      | <b>3</b> | J1 | 63,84 | 179,59 | 243,43 |       |
|      | <b>4</b> | J4 | 35,88 | 179,59 | 215,47 |       |
|      | <b>4</b> | J1 | 31,50 | 243,43 | 274,93 |       |
|      | <b>5</b> | J4 | 17,71 | 215,47 | 233,19 |       |
|      | <b>5</b> | J1 | 16,08 | 274,93 | 291,01 |       |
|      | <b>6</b> | J4 | 17,12 | 233,19 | 250,31 |       |
|      | <b>6</b> | J1 | 14,45 | 291,01 | 305,46 |       |
|      | <b>7</b> | J4 | 28,89 | 250,31 | 279,20 |       |
|      | <b>7</b> | J1 | 25,18 | 305,46 | 330,64 |       |

Penjadwalan Parsial Urutan *Job* 4-1

4. Alternatif penjadwalan parsial *Job* J1- *Job* J4 sehingga diperoleh *makespan* 343,28 jam.

Tabel 4.21 Penjadwalan Parsial Urutan *Job* 1-4

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 1     | J1  | 64,09  | 0      | 64,09  |
| 1     | J4  | 71,87  | 64,09  | 135,96 |
| 2     | J1  | 31,73  | 64,09  | 95,82  |
| 2     | J4  | 36,16  | 135,96 | 172,12 |
| 3     | J1  | 63,84  | 95,82  | 159,65 |
| 3     | J4  | 71,56  | 172,12 | 243,68 |
| 4     | J1  | 31,50  | 159,65 | 191,16 |
| 4     | J4  | 35,88  | 243,68 | 279,56 |

Tabel 4.21 Penjadwalan Parsial Urutan *Job* 1-4 (Lanjutan...)

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 5     | J1  | 16,08  | 191,16 | 207,23 |
| 5     | J4  | 17,71  | 279,56 | 297,27 |
| 6     | J1  | 14,45  | 207,23 | 221,69 |
| 6     | J4  | 17,12  | 297,27 | 314,39 |
| 7     | J1  | 25,18  | 221,69 | 246,86 |
| 7     | J4  | 28,89  | 314,39 | 343,28 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

5. Dari perhitungan penjadwalan parsial di atas, maka dipilih urutan *Job* J4- *Job*.

Langkah 2:

1. Membuat alternative penjadwalan parsial dari *Job* 4- *Job* 1- *Job* 3 sehingga didapat urutan kemungkinan, yaitu:
  - a. *Job* 4- *Job* 1- *Job* 3
  - b. *Job* 4- *Job* 3- *Job* 1

c. *Job 3- Job 4- Job 1*

| Mesin | Job | Durasi | Mulai | Siap |
|-------|-----|--------|-------|------|
|-------|-----|--------|-------|------|

2. Menghitung *makespan* dari alternative penjadwalan parsial pada point a, b dan c pada nomor 1.
  - a. Penjadwalan parsial *Job 4- Job 1- Job 3* menghasilkan *makespan* sebesar 372,88 jam.

Tabel 4.28 Penjadwalan Parsial Urutan *Job 4-1-3*

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap        |
|-------|-----|--------|--------|-------------|
| 1     | J4  | 71,87  | 0      | Lanjutan... |
| 1     | J1  | 64,09  | 71,87  | 135,96      |
| 1     | J3  | 53,73  | 135,96 | 189,69      |

Tabel 4.28 Penjadwalan Parsial Urutan *Job 4-1-3* (Lanjutan)

|   |    |       |        |        |
|---|----|-------|--------|--------|
| 2 | J4 | 36,16 | 71,87  | 108,03 |
| 2 | J1 | 31,73 | 135,96 | 167,69 |
| 2 | J3 | 27,18 | 189,69 | 216,87 |
| 3 | J4 | 71,56 | 108,03 | 179,59 |
| 3 | J1 | 63,84 | 179,59 | 243,43 |
| 3 | J3 | 53,31 | 243,43 | 296,74 |
| 4 | J4 | 35,88 | 179,59 | 215,47 |
| 4 | J1 | 31,50 | 243,43 | 274,93 |
| 4 | J3 | 26,76 | 296,74 | 323,50 |
| 5 | J4 | 17,71 | 215,47 | 233,19 |
| 5 | J1 | 16,08 | 274,93 | 291,01 |
| 5 | J3 | 13,24 | 323,50 | 336,73 |
| 6 | J4 | 17,12 | 233,19 | 250,31 |
| 6 | J1 | 14,45 | 291,01 | 305,46 |
| 6 | J3 | 13,34 | 336,73 | 350,07 |
| 7 | J4 | 28,89 | 250,31 | 279,20 |
| 7 | J1 | 25,18 | 305,46 | 330,64 |
| 7 | J3 | 22,81 | 350,07 | 372,88 |

- b. Penjadwalan parsial *Job 4- Job 3- Job 1* menghasilkan *makespan* sebesar 383,95 jam.

Tabel 4.29 Penjadwalan Parsial Urutan *Job 4-3-1*

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 1     | J4  | 71,87  | 0      | 71,87  |
| 1     | J3  | 53,73  | 71,87  | 125,60 |
| 1     | J1  | 64,09  | 125,60 | 189,69 |
| 2     | J4  | 36,16  | 71,87  | 108,03 |

|   |    |       |        |        |
|---|----|-------|--------|--------|
| 2 | J3 | 27,18 | 125,60 | 152,78 |
| 2 | J1 | 31,73 | 189,69 | 221,42 |

Tabel 4.29 Penjadwalan Parsial Urutan *Job* 4-3-1 (Lanjutan...)

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 3     | J4  | 71,56  | 108,03 | 179,59 |
| 3     | J3  | 53,31  | 179,59 | 232,90 |
| 3     | J1  | 63,84  | 232,90 | 296,74 |
| 4     | J4  | 35,88  | 179,59 | 215,47 |
| 4     | J3  | 26,76  | 232,90 | 259,66 |
| 4     | J1  | 31,50  | 296,74 | 328,24 |
| 5     | J4  | 17,71  | 215,47 | 233,19 |
| 5     | J3  | 13,24  | 259,66 | 272,90 |
| 5     | J1  | 16,08  | 328,24 | 344,32 |
| 6     | J4  | 17,12  | 233,19 | 250,31 |
| 6     | J3  | 13,34  | 272,90 | 286,24 |
| 6     | J1  | 14,45  | 344,32 | 358,77 |
| 7     | J4  | 28,89  | 250,31 | 279,20 |
| 7     | J3  | 22,81  | 286,24 | 309,04 |
| 7     | J1  | 25,18  | 358,77 | 383,95 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- c. Penjadwalan parsial *Job* 3- *Job* 4- *Job* 1 menghasilkan *makespan* sebesar 384,37 jam.

Tabel 4.30 Penjadwalan Parsial Urutan *Job* 3-4-1

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 1     | J3  | 53,73  | 0      | 53,73  |
| 1     | J4  | 71,87  | 53,73  | 125,60 |
| 1     | J1  | 64,09  | 125,60 | 189,69 |
| 2     | J3  | 27,18  | 53,73  | 80,91  |

|   |    |       |        |        |
|---|----|-------|--------|--------|
| 2 | J4 | 36,16 | 125,60 | 161,76 |
| 2 | J1 | 31,73 | 189,69 | 221,42 |
| 3 | J3 | 53,31 | 80,91  | 134,22 |
| 3 | J4 | 71,56 | 161,76 | 233,32 |

Lanjutan...

Tabel 4.30 Penjadwalan Parsial Urutan *Job* 3-4-1 (Lanjutan)

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 3     | J1  | 63,84  | 233,32 | 297,16 |
| 4     | J3  | 26,76  | 134,22 | 160,98 |
| 4     | J4  | 35,88  | 233,32 | 269,20 |
| 4     | J1  | 31,50  | 297,16 | 328,66 |
| 5     | J3  | 13,24  | 160,98 | 174,22 |
| 5     | J4  | 17,71  | 269,20 | 286,91 |
| 5     | J1  | 16,08  | 328,66 | 344,74 |
| 6     | J3  | 13,34  | 174,22 | 187,56 |
| 6     | J4  | 28,89  | 286,91 | 315,81 |
| 6     | J1  | 14,45  | 344,74 | 359,19 |
| 7     | J3  | 22,81  | 187,56 | 210,36 |
| 7     | J4  | 28,89  | 315,81 | 344,70 |
| 7     | J1  | 25,18  | 359,19 | 384,37 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

3. Dari hasil perhitungan penjadwalan parsial diatas, maka dipilih urutan *Job* 4-*Job* 1- *Job* 3.

Langkah 3:

1. Membuat alternative penjadwalan parsial dari *Job* 4-*Job* 1- *Job* 3- *Job* 2, sehingga diperoleh beberapa kemungkinan, yaitu:
  - a. *Job* 4- *Job* 1- *Job* 3- *Job* 2

- b. *Job 4- Job 1- Job 2- Job 3*
  - c. *Job 4- Job 2- Job 1- Job 3*
  - d. *Job 2- Job 4- Job 1- Job 3*
2. Menghitung nilai *makespan* dari alternatif penjadwalan setiap point a, b, c dan d pada nomor 1.
  - a. Penjadwalan parsial *Job 4- Job 1- Job 3- Job 2* menghasilkan *makespan* sebesar 425,28 jam.

Tabel 4.31 Penjadwalan Parsial Urutan *Job 4-1-3-2*

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 1     | J4  | 71,87  | 0      | 71,87  |
| 1     | J1  | 64,09  | 71,87  | 135,96 |
| 1     | J3  | 53,73  | 135,96 | 189,69 |
| 1     | J2  | 52,74  | 189,69 | 242,42 |
| 2     | J4  | 36,16  | 71,87  | 108,03 |
| 2     | J1  | 31,73  | 135,96 | 167,69 |
| 2     | J3  | 27,18  | 189,69 | 216,87 |
| 2     | J2  | 27,12  | 242,42 | 269,54 |
| 3     | J4  | 71,56  | 108,03 | 179,59 |
| 3     | J1  | 63,84  | 179,59 | 243,43 |
| 3     | J3  | 53,31  | 243,43 | 296,74 |
| 3     | J2  | 52,31  | 296,74 | 349,05 |
| 4     | J4  | 35,88  | 179,59 | 215,47 |
| 4     | J1  | 31,50  | 243    | 274,93 |
| 4     | J3  | 26,76  | 296,74 | 323,50 |
| 4     | J2  | 26,87  | 349,05 | 375,93 |
| 5     | J4  | 17,71  | 215,47 | 233,19 |
| 5     | J1  | 16,08  | 274,93 | 291,01 |
| 5     | J3  | 13,24  | 323    | 336,73 |
| 5     | J2  | 12,84  | 375,93 | 388,76 |
| 6     | J4  | 17,12  | 233,19 | 250,31 |
| 6     | J1  | 14,45  | 291,01 | 305,46 |
| 6     | J3  | 13,34  | 336,73 | 350,07 |
| 6     | J2  | 13,67  | 388,76 | 402,44 |
| 7     | J4  | 28,89  | 250,31 | 279,20 |

|   |    |       |        |        |
|---|----|-------|--------|--------|
| 7 | J1 | 25,18 | 305,46 | 330,64 |
| 7 | J3 | 22,81 | 350,07 | 372,88 |
| 7 | J2 | 22,84 | 402,44 | 425,28 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- b. Penjadwalan parsial *Job 4- Job 1- Job 2- Job 3* menghasilkan *makespan* sebesar 425,19 jam.

Tabel 4.32 Penjadwalan Parsial Urutan *Job 4-1-2-3*

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 1     | J4  | 71,87  | 0      | 71,87  |
| 1     | J1  | 64,09  | 71,87  | 135,96 |
| 1     | J2  | 52,74  | 135,96 | 188,69 |
| 1     | J3  | 53,73  | 188,69 | 242,42 |

Lanjutan...

Tabel 4.32 Penjadwalan Parsial Urutan *Job 4-1-2-3* (Lanjutan)

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 2     | J4  | 36,16  | 71,87  | 108,03 |
| 2     | J1  | 31,73  | 135,96 | 167,69 |
| 2     | J2  | 27,12  | 188,69 | 215,81 |
| 2     | J3  | 27,18  | 242,42 | 269,61 |
| 3     | J4  | 71,56  | 108,03 | 179,59 |
| 3     | J1  | 63,84  | 179,59 | 243    |
| 3     | J2  | 52,31  | 243,43 | 295,74 |
| 3     | J3  | 53,31  | 295,74 | 349,05 |
| 4     | J4  | 35,88  | 179,59 | 215,47 |
| 4     | J1  | 31,50  | 243    | 274,93 |
| 4     | J2  | 26,87  | 295,74 | 322,62 |
| 4     | J3  | 26,76  | 349,05 | 375,81 |
| 5     | J4  | 17,71  | 215,47 | 233,19 |
| 5     | J1  | 16,08  | 274,93 | 291,01 |
| 5     | J2  | 12,84  | 322,62 | 335,45 |
| 5     | J3  | 13,24  | 375,81 | 389,05 |
| 6     | J4  | 17,12  | 233,19 | 250,31 |
| 6     | J1  | 14,45  | 291,01 | 305,46 |
| 6     | J2  | 13,67  | 335,45 | 349,13 |
| 6     | J3  | 13,34  | 389,05 | 402,39 |
| 7     | J4  | 28,89  | 250,31 | 279,20 |
| 7     | J1  | 25,18  | 305,46 | 330,64 |

|   |    |       |        |        |
|---|----|-------|--------|--------|
| 7 | J2 | 22,84 | 349,13 | 371,97 |
| 7 | J3 | 22,81 | 402,39 | 425,19 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- c. Penjadwalan parsial *Job 4- Job 2- Job 1- Job 3* menghasilkan *makespan* sebesar 425,19 jam

Tabel 4.33 Penjadwalan Parsial Urutan *Job 4-2-1-3*

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 1     | J4  | 71,87  | 0      | 71,87  |
| 1     | J2  | 52,74  | 71,87  | 124,61 |
| 1     | J1  | 64,09  | 124,61 | 188,69 |
| 1     | J3  | 53,73  | 188,69 | 242,42 |

Lanjutan...

Tabel 4.23 Penjadwalan Parsial Urutan *Job 4-2-1-3* (Lanjutan)

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 2     | J4  | 36,16  | 71,87  | 108,03 |
| 2     | J2  | 27,12  | 124,61 | 151,73 |
| 2     | J1  | 31,73  | 188,69 | 220,43 |
| 2     | J3  | 27,18  | 242,42 | 269,61 |
| 3     | J4  | 71,56  | 108,03 | 179,59 |
| 3     | J2  | 52,31  | 179,59 | 231,91 |
| 3     | J1  | 63,84  | 231,91 | 295,74 |
| 3     | J3  | 53,31  | 295,74 | 349,05 |
| 4     | J4  | 35,88  | 179,59 | 215,47 |
| 4     | J2  | 26,87  | 232    | 258,78 |
| 4     | J1  | 31,50  | 295,74 | 327,24 |
| 4     | J3  | 26,76  | 349,05 | 375,81 |
| 5     | J4  | 17,71  | 215,47 | 233,19 |
| 5     | J2  | 12,84  | 258,78 | 271,62 |
| 5     | J1  | 16,08  | 327    | 343,32 |
| 5     | J3  | 13,24  | 375,81 | 389,05 |
| 6     | J4  | 17,12  | 233,19 | 250,31 |
| 6     | J2  | 13,67  | 271,62 | 285,29 |

|   |    |       |        |        |
|---|----|-------|--------|--------|
| 6 | J1 | 14,45 | 343,32 | 357,78 |
| 6 | J3 | 13,34 | 389,05 | 402,39 |
| 7 | J4 | 28,89 | 250,31 | 279,20 |
| 7 | J2 | 22,84 | 285,29 | 308,13 |
| 7 | J1 | 25,18 | 357,78 | 382,95 |
| 7 | J3 | 22,81 | 402,39 | 425,19 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- d. Penjadwalan parsial *Job 2- Job 4- Job 1- Job 3* menghasilkan *makespan* sebesar 425,62 jam.

Tabel 4.34 Penjadwalan Parsial Urutan *Job 2-4-1-3*

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 1     | J2  | 52,74  | 0      | 52,74  |
| 1     | J4  | 71,87  | 52,74  | 124,61 |
| 1     | J1  | 64,09  | 124,61 | 188,69 |
| 1     | J3  | 53,73  | 188,69 | 242,42 |

Lanjutan...

Tabel 4.34 Penjadwalan Parsial Urutan *Job 2-4-1-3* (Lanjutan)

| Mesin | Job | Durasi | Mulai  | Siap   |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 2     | J2  | 27,12  | 52,74  | 79,86  |
| 2     | J4  | 36,16  | 124,61 | 160,77 |
| 2     | J1  | 31,73  | 188,69 | 220,43 |
| 2     | J3  | 27,18  | 242,42 | 269,61 |
| 3     | J2  | 52,31  | 79,86  | 132,17 |
| 3     | J4  | 71,56  | 160,77 | 232,33 |
| 3     | J1  | 63,84  | 232,33 | 296,17 |
| 3     | J3  | 53,31  | 296,17 | 349,48 |
| 4     | J2  | 26,87  | 132,17 | 159,04 |
| 4     | J4  | 35,88  | 232    | 268,21 |
| 4     | J1  | 31,50  | 296,17 | 327,67 |
| 4     | J3  | 26,76  | 349,48 | 376,23 |
| 5     | J2  | 12,84  | 159,04 | 171,88 |
| 5     | J4  | 17,71  | 268,21 | 285,92 |

|   |    |       |        |        |
|---|----|-------|--------|--------|
| 5 | J1 | 16,08 | 328    | 343,75 |
| 5 | J3 | 13,24 | 376,23 | 389,47 |
| 6 | J2 | 13,67 | 171,88 | 185,56 |
| 6 | J4 | 17,12 | 285,92 | 303,04 |
| 6 | J1 | 14,45 | 343,75 | 358,20 |
| 6 | J3 | 13,34 | 389,47 | 402,81 |
| 7 | J2 | 22,84 | 185,56 | 208,40 |
| 7 | J4 | 28,89 | 303,04 | 331,93 |
| 7 | J1 | 25,18 | 358,20 | 383,38 |
| 7 | J3 | 22,81 | 402,81 | 425,62 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Dari perhitungan penjadwalan parsial dari beberapa alternatif diatas, terdapat satu penjadwalan parsial yang memiliki nilai *makespan* terkecil yaitu pada penjadwalan parsial *Job 4- Job 2- Job 1- Job 3* dengan nilai *makespan* sebesar 425,19 jam. Setelah didapat nilai *makespan* yang optimal maka selanjutnya menghitung *mean flow time* dari *Job 4- Job 2- Job 1- Job 3*. Adapun rumus untuk mencari *mean flow time* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Mean Flow Time} &= \frac{\text{Flow time}}{\text{Jumlah job}} \\
 \text{MFT} &= 1395.47/4 = 348,87 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan *mean flow time* diatas dapat diketahui besarnya *mean flow time* untuk pekerjaan yang ada adalah sebesar 348,87 jam.

#### 4.2.4 Metode Penjadwalan *Campbell Dudeck Smith*

Situasi *flowshop* secara umum adalah semua pekerjaan harus melewati semua mesin pada pekerjaan yang sama. Metode algoritma *heuristic* selalu menyelesaikan prioritas pekerjaan berdasarkan total waktu proses yang tinggi di bandingkan total waktu proses yang tinggi dibandingkan dengan total waktu proses yang rendah. Metode *Campbell Dudeck Smith* adalah pengembangan dari aturan yang telah dikemukakan oleh Jhonson. Pengembangan tersebut adalah setiap pekerjaan yang akan diselesaikan harus melewati proses masing-masing mesin yang diusahakan. Hal ini berfungsi untuk mendapatkan *makespan* yang terkecil yang merupakan urutan pengerjaan yang paling baik.

Adapun tahapan-tahapan dari metode *Campbell Dudeck Smith* adalah sebagai berikut:

4. Ambil penjadwalan pertama ( $k=1$ ). Untuk seluruh *job* yang ada, cari kombinasi waktu  $t_{i,1}^*$  dan  $t_{i,2}^*$  yang minimum yang merupakan waktu proses pada deret awal dan deret terakhir.
5. Jika waktu minimum didapat pada deret pertama, (misal  $t_{i,1}$ ), selanjutnya tempatkan tugas tersebut pada awal deret penjadwalan dan bila waktu minimum didapat pada deret terakhir (misal  $t_{i,2}$ ), tugas tersebut ditempatkan pada posisi akhir dan deret penjadwalan.
6. Pindahkanlah tugas-tugas tersebut dari daftarnya dan susun dalam bentuk deret penjadwalan. Jika masih ada *job* tersisa ulangi kembali langkah 1, sebaliknya bila tidak ada lagi *Job* yang tersisa, berarti penjadwalan telah selesai. Dengan demikian waktu proses dari kedua deret yaitu deret pertama ( $t_{i,1}^*$ ) dan deret terakhir ( $t_{i,2}^*$ ) pada penjadwalan ke- $k$  adalah:

$$t_{i,1}^* = \sum_{k=1}^k t_{i,k}$$
$$t_{i,2}^* = \sum_{k=1}^k t_{i,m-k+1}$$

Dengan adanya rumus di atas, maka dapat diketahui jumlah urutan atau  $k = m-1$   
 $= 7-1 = 6$  kali penjadwalan ( $k= 1,2,3,4,5,6$  kali) dan 6 kali tahapan yang dilakukan dalam menghitung urutan proses penjadwalan ialah sebagai berikut:

a. Tahap 1 ( $k = 1$ )

$$t_{i,1}^* = \sum_{k=1}^k t_{i,k}$$

$t_{i,1}$  adalah waktu proses *job* ke  $i$  pada deret pertama (M1 = mesin Bubut 1)

$$t_{i,2}^* = \sum_{k=1}^k t_{i,m-k+1}$$

$t_{i,2} = t_{i,7}$ , artinya waktu proses *job* ke  $i$  pada deret terakhir (M7 = mesin *Balancing*)

Keterangan:

|             |                                                            |
|-------------|------------------------------------------------------------|
| $t_{i,1}^*$ | = waktu proses suatu <i>job</i> ke- $i$ dan mesin pertama  |
| $t_{i,2}^*$ | = waktu proses suatu <i>job</i> ke- $i$ dan mesin terakhir |
| $k$         | = tahapan/urutan                                           |
| $m$         | = Jumlah mesin yang dipakai                                |
| $i$         | = <i>job</i> /pekerjaan yang di proses                     |

berdasarkan waktu proses yang telah diketahui dari hasil pengolahan data untuk setiap pekerjaan/*job*, maka perhitungan waktu proses penjadwalan *Campbell Dudeck Smith* dari tahap satu sampai dengan tahap akhir ( $k = 6$ ) pada *job* 1,2,3 adalah sebagai berikut:

1.) Tahap 1

Pada Tahap ini merupakan awal kombinasi deret awal dan deret akhir yang yang berasal dari mesin pertama dan terakhir.

$t_{i,1}$

$t_{i,2}$

$$\begin{aligned}
\text{Job 1 : } t_{i,1} = t_{1,1} &= 64,09 \text{ jam} & t_{1,2} = t_{1,8} &= 25,18 \text{ jam} \\
\text{Job 2 : } t_{2,1} &= 52,74 \text{ jam} & t_{2,7} &= 22,84 \text{ jam} \\
\text{Job 3 : } t_{3,1} &= 53,73 \text{ jam} & t_{3,7} &= 22,81 \text{ jam} \\
\text{Job 4 : } t_{4,1} &= 71,87 \text{ jam} & t_{4,7} &= 28,89 \text{ jam}
\end{aligned}$$

## 2.) Tahap 2

Pada tahap 2 ini adanya kombinasi deret awal dari penjumlahan pada mesin Bubut 1 dan Bubut 2. Kemudian kombinasi deret akhir dari penjumlahan pada Mesin *Balancing* dan *Press*.

$t_{i,1}$

$$\begin{aligned}
\text{Job 1 : } t_{i,1} &= t_{1,1} + t_{1,2} = 64,09 + 31,73 = 95,82 \text{ jam} \\
\text{Job 2 : } t_{i,1} &= t_{2,1} + t_{2,2} = 52,74 + 27,12 = 79,86 \text{ jam} \\
\text{Job 3 : } t_{i,1} &= t_{3,1} + t_{3,2} = 53,73 + 27,18 = 80,91 \text{ jam} \\
\text{Job 4 : } t_{i,1} &= t_{4,1} + t_{4,2} = 71,87 + 36,16 = 108,03 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$t_{i,2}$

$$\begin{aligned}
\text{Job 1 : } t_{i,2} &= t_{1,7} + t_{1,6} = 25,18 + 14,45 = 39,63 \text{ jam} \\
\text{Job 2 : } t_{i,2} &= t_{2,7} + t_{2,6} = 22,84 + 13,67 = 36,51 \text{ jam} \\
\text{Job 3 : } t_{i,2} &= t_{3,7} + t_{3,6} = 22,81 + 13,34 = 36,14 \text{ jam} \\
\text{Job 4 : } t_{i,2} &= t_{4,7} + t_{4,6} = 28,89 + 17,12 = 46,01 \text{ jam}
\end{aligned}$$

## 3.) Tahap 3

Pada tahap 3 ini adanya kombinasi deret awal dari penjumlahan pada mesin Bubut 1, Bubut 2, dan *Drill*. Kemudian adanya kombinasi deret akhir dari penjumlahan pada Mesin *Balancing*, *Press*, *Heater*.

$t_{i,1}$

$$\begin{aligned}
\text{Job 1 : } t_{i,1} &= t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3} \\
&= 159,65 \text{ jam} \\
\text{Job 2 : } t_{i,1} &= t_{2,1} + t_{2,2} + t_{2,3} \\
&= 132,17 \text{ jam}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 3 : } t_{i,1} &= t_{3,1} + t_{3,2} + t_{3,3} \\ &= 134,22 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 4 : } t_{i,1} &= t_{4,1} + t_{4,2} + t_{4,3} \\ &= 179,59 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_{i,2} \\ \text{Job 1 : } t_{i,2} &= t_{1,7} + t_{1,6} + t_{1,5} \\ &= 55,71 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 2 : } t_{i,2} &= t_{2,7} + t_{2,6} + t_{2,5} \\ &= 49,35 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 3 : } t_{i,2} &= t_{3,7} + t_{3,6} + t_{3,5} \\ &= 49,38 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 4 : } t_{i,2} &= t_{3,7} + t_{3,6} + t_{3,5} \\ &= 63,73 \text{ jam} \end{aligned}$$

#### 4.) Tahap 4

Pada tahap 4 ini adanya kombinasi deret awal dari penjumlahan pada mesin Bubut 1, Bubut 2, *Drill*, Bubut 3. Kemudian adanya kombinasi deret akhir dari penjumlahan pada Mesin Mesin *Balancing*, *Press*, *Heater*, dan Bubut 3.

$$\begin{aligned} t_{i,1} \\ \text{Job 1 : } t_{i,1} &= t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3} + t_{1,4} \\ &= 191,16 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 2 : } t_{i,1} &= t_{2,1} + t_{2,2} + t_{2,3} + t_{2,4} \\ &= 159,04 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 3 : } t_{i,1} &= t_{3,1} + t_{3,2} + t_{3,3} + t_{3,4} \\ &= 160,98 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 4 : } t_{i,1} &= t_{4,1} + t_{4,2} + t_{4,3} + t_{4,4} \\ &= 215,47 \text{ jam} \end{aligned}$$

$t_{i,2}$

$$\begin{aligned} \text{Job 1 : } t_{i,2} &= t_{1,7} + t_{1,6} + t_{1,5} + t_{1,4} \\ &= 87,21 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 2 : } t_{i,2} &= t_{2,7} + t_{2,6} + t_{2,5} + t_{2,4} \\ &= 76,23 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 3 : } t_{i,2} &= t_{3,7} + t_{3,6} + t_{3,5} + t_{3,4} \\ &= 76,14 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 4 : } t_{i,2} &= t_{4,7} + t_{4,6} + t_{4,5} + t_{4,4} \\ &= 99,60 \text{ jam} \end{aligned}$$

##### 5.) Tahap 5

Pada tahap 5 ini adanya kombinasi deret awal dari penjumlahan pada mesin Bubut 1, Bubut 2, *Drill*, Bubut 3, dan *Heater*. Kemudian adanya kombinasi deret akhir dari penjumlahan pada Mesin *Balancing*, *Press*, *Heater*, Bubut 3, dan *Drill*.

$t_{i,1}$

$$\begin{aligned} \text{Job 1 : } t_{i,1} &= t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3} + t_{1,4} + t_{1,5} \\ &= 207,23 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 2 : } t_{i,1} &= t_{2,1} + t_{2,2} + t_{2,3} + t_{2,4} + t_{2,5} \\ &= 171,88 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 3 : } t_{i,1} &= t_{3,1} + t_{3,2} + t_{3,3} + t_{3,4} + t_{3,5} \\ &= 174,22 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 4 : } t_{i,1} &= t_{4,1} + t_{4,2} + t_{4,3} + t_{4,4} + t_{4,5} \\ &= 233,19 \text{ jam} \end{aligned}$$

$t_{i,2}$

$$\begin{aligned} \text{Job 1 : } t_{i,2} &= t_{1,7} + t_{1,6} + t_{1,5} + t_{1,4} + t_{1,3} \\ &= 151,04 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 2 : } t_{i,2} &= t_{2,7} + t_{2,6} + t_{2,5} + t_{2,4} + t_{2,3} \\ &= 128,54 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 3 : } t_{i,2} &= t_{3,7} + t_{3,6} + t_{3,5} + t_{3,4} + t_{3,3} \\ &= 129,45 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 4 : } t_{i,2} &= t_{4,7} + t_{4,6} + t_{4,5} + t_{4,4} + t_{4,3} \\ &= 171,17 \text{ jam} \end{aligned}$$

#### 6.) Tahap 6

Pada tahap 6 ini adanya kombinasi deret awal dari penjumlahan pada mesin Bubut 1, Bubut 2, *Drill*, Bubut 3, dan *Heater, Press*. Kemudian adanya kombinasi deret akhir dari penjumlahan pada Mesin *Balancing, Press, Heater*, Bubut 3, dan *Drill*, Bubut 2.

$t_{i,1}$

$$\begin{aligned} \text{Job 1 : } t_{i,1} &= t_{1,1} + t_{1,2} + t_{1,3} + t_{1,4} + t_{1,5} + t_{1,6} \\ &= 221,69 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 2 : } t_{i,1} &= t_{2,1} + t_{2,2} + t_{2,3} + t_{2,4} + t_{2,5} + t_{2,6} \\ &= 185,56 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 3 : } t_{i,1} &= t_{3,1} + t_{3,2} + t_{3,3} + t_{3,4} + t_{3,5} + t_{3,6} \\ &= 187,56 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 4 : } t_{i,1} &= t_{4,1} + t_{4,2} + t_{4,3} + t_{4,4} + t_{4,5} + t_{4,6} \\ &= 250,31 \text{ jam} \end{aligned}$$

$t_{i,2}$

$$\begin{aligned} \text{Job 1 : } t_{i,2} &= t_{1,7} + t_{1,6} + t_{1,5} + t_{1,4} + t_{1,3} + t_{1,2} \\ &= 182,78 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 2 : } t_{i,2} &= t_{2,7} + t_{2,6} + t_{2,5} + t_{2,4} + t_{2,3} + t_{2,2} \\ &= 155,66 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 3 : } t_{i,2} &= t_{3,7} + t_{3,6} + t_{3,5} + t_{3,4} + t_{3,3} + t_{3,2} \\ &= 156,63 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Job 3 : } t_{i,2} &= t_{4,7} + t_{4,6} + t_{4,5} + t_{4,4} + t_{4,3} + t_{4,2} \\ &= 207,33 \text{ jam} \end{aligned}$$

Untuk lebih ringkas dalam menjelaskan perhitungannya, maka perhitungan untuk menentukan urutan penjadwalan tersebut direkapitulasi pada tabel 4.21 sebagai berikut:

Tabel 4.66 Hasil Perhitungan Waktu Proses Untuk Menentukan Urutan Job Metode CDS

| Tahap |      | Jam    |        |        |        |
|-------|------|--------|--------|--------|--------|
|       |      | J1     | J2     | J3     | J4     |
| k=1   | ti,1 | 64,09  | 52,74  | 53,73  | 71,87  |
|       | ti,2 | 25,18  | 22,84  | 22,81  | 28,89  |
| k=2   | ti,1 | 98,82  | 79,86  | 80,91  | 108,03 |
|       | ti,2 | 39,63  | 36,51  | 36,14  | 46,01  |
| k=3   | ti,1 | 159,65 | 132,17 | 134,22 | 179,59 |
|       | ti,2 | 55,71  | 49,35  | 49,38  | 63,73  |
| k=4   | ti,1 | 191,14 | 159,04 | 160,98 | 215,47 |
|       | ti,2 | 87,21  | 76,23  | 76,14  | 99,60  |
| k=5   | ti,1 | 207,23 | 171,88 | 174,22 | 233,19 |
|       | ti,2 | 151,05 | 128,54 | 129,45 | 171,17 |
| k=6   | ti,1 | 221,69 | 185,56 | 187,56 | 250,31 |
|       | ti,2 | 187,78 | 155,66 | 156,63 | 207,33 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Dari perhitungan k diatas mulai dari k = 1 sampai dengan k =6, maka didapat urutan produksi pada setiap proses pada setiap mesin adalah sebagai berikut pada tabel 4.22

Tabel 4.67 Urutan Produksi Yang Dihasilkan Pada Setiap Tahap

| Tahapan | Urutan <i>Job</i> |
|---------|-------------------|
| k = 1   | J4-J1-J2-J3       |
| k = 2   | J4-J1-J2-J3       |
| k = 3   | J4-J1-J3-J2       |
| k = 5   | J4-J1-J2-J3       |
| k = 6   | J4-J1-J3-J2       |

|      |             |
|------|-------------|
| k =7 | J4-J1-J3-J2 |
|------|-------------|

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Setelah mendapatkan urutan produksi pada masing-masing k, maka selanjutnya adalah menghitung nilai *makespan* dan *mean flow time*. Dari langkah-langkah diatas diperoleh 2 alternatif urutan pekerjaan (karena terdapat urutan kombinasi yang sama dari keenam iterasi yang ada). Urutan kombinsai tersebut antara lain :

- Dari iterasi pertama, kedua dan kelima diperoleh urutan : J4-J1-J2-J3. Selanjutnya disebut alternatif urutan pertama.
- Dari iterasi ketiga, keenam dan ketujuh diperoleh urutan : J4-J1-J3-J2. Selanjutnya disebut alternatif urutan kedua.

Berikut ini adalah perhitungan *makespan* dan *mean flow time* dari kedua alternatif tersebut:

- Perhitungan *makespan* urutan alternatif pertama yaitu J4-J1-J2-J3

Tabel 4.68 Perhitungan *Makespan* urutan Pekerjaan J4-J1-J2-J3

| Job | M1     | M2     | M3     | M4     | M5     | M6     | M7     |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| J4  | 71,87  | 108,03 | 179,59 | 215,47 | 233,19 | 250,31 | 279,20 |
| J1  | 135,96 | 167,69 | 243,43 | 274,93 | 291,01 | 305,46 | 330,64 |
| J2  | 188,69 | 215,81 | 295,74 | 322,62 | 335,45 | 349,13 | 371,97 |
| J3  | 242,42 | 269,61 | 349,05 | 375,81 | 389,05 | 402,39 | 425,19 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Setelah mendapatkan nilai *makespan* maka lahkah selanjutnya adalah menghitung nilai *mean flow time*, berikut ini adalah rumus untuk mencari *mean flow time*:

$$Flow\ Time = \sum M8$$

$$Mean\ Flow\ Time = \frac{Flow\ time}{Jumlah\ job}$$

$$MFT = 1407 / 4 = 351,75 \text{ jam}$$

- Perhitungan *Makespan* Urutan Pekerjaan J4-J1-J3-J2

Tabel 4.69 Perhitungan *Makespan* urutan Pekerjaan J4-J1-J3-J2

| Job | M1     | M2     | M3     | M4     | M5     | M6     | M7     |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| J4  | 71,87  | 108,03 | 179,59 | 215,47 | 233,19 | 250,31 | 279,20 |
| J1  | 135,96 | 167,69 | 243,43 | 274,93 | 291,01 | 305,46 | 330,64 |
| J3  | 189,69 | 216,87 | 296,74 | 323,50 | 336,73 | 350,07 | 372,88 |
| J2  | 242,42 | 269,54 | 349,05 | 375,93 | 388,76 | 402,44 | 425,28 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Setelah mendapatkan nilai *makespan* maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai *mean flow time*, berikut ini adalah rumus untuk mencari *mean flow time*:

$$Flow Time = \sum M8$$

$$Mean Flow Time = \frac{Flow time}{Jumlah job}$$

$$MFT = 1.407,99/4 = 352 \text{ jam}$$

#### 4.2.3 Metode Penjadwalan Algoritma *Heuristic Pour*

Penjadwalan dengan menggunakan metode *heuristic pour* pada PT Braja Mukti Cakra adalah sebagai berikut:

1. Menentukan urutan pertama
  - a. Job 1 ditempatkan sebagai urutan pertama
    - a.) Job 1 sebagai urutan pertama, sehingga waktu proses untuk Job 1 pada semua mesin dianggap 0. Tempatkan selain Job 1 sebagai urutan berikutnya.

Tabel 4.35 Daftar Pengurutan Untuk Job 1 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1    | M2    | M3    | M4    | M5    | M6    | M7    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| J1  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| J2  | 52,74 | 27,12 | 52,31 | 26,87 | 12,84 | 13,67 | 22,84 |
| J3  | 53,73 | 27,18 | 53,31 | 26,76 | 13,24 | 13,34 | 22,81 |
| J4  | 71,87 | 36,16 | 71,56 | 35,88 | 17,71 | 17,12 | 28,89 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- b.) Memilih waktu proses terkecil untuk masing-masing mesin yaitu:  
M1= 52,74    M2 = 27,12    M3 = 52,31  
M4 = 26,76    M5 = 12,84    M6 = 12,34  
M7 = 22,81
    - c.) Lakukan penambahan waktu proses pada setiap Pij dengan menggunakan aturan Increasing dari yg terkecil hingga terbesar.

Table 4.36 Penambahan Waktu Proses Job 1 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1     | M2    | M3     | M4    | M5    | M6    | M7    |
|-----|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| J1  | -      | -     | -      | -     | -     | -     | -     |
| J2  | 52,74  | 27,12 | 52,31  | 53,63 | 12,84 | 27,01 | 45,65 |
| J3  | 106,47 | 54,30 | 105,62 | 26,76 | 26,07 | 13,34 | 22,81 |
| J4  | 178,34 | 90,46 | 177,19 | 89,51 | 43,79 | 44,13 | 74,54 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

d.) Hitung Total waktu proses pada setiap job

Tabel 4.37 Perhitungan *Complation Time* Job 1 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1     | M2    | M3     | M4    | M5    | M6    | M7    | total Ci |
|-----|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|
| J1  | -      | -     | -      | -     | -     | -     | -     |          |
| J2  | 52,74  | 27,12 | 52,31  | 53,63 | 12,84 | 27,01 | 45,65 | 271,30   |
| J3  | 106,47 | 54,30 | 105,62 | 26,76 | 26,07 | 13,34 | 22,81 | 355,37   |
| J4  | 178,34 | 90,46 | 177,19 | 89,51 | 43,79 | 44,13 | 74,54 | 697,96   |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

e.) Urutkan waktu proses dimulai dari waktu proses yang terkecil sampai yang terbesar dimana job 1 sebagai urutan pertama dan diperoleh urutan job sebagai berikut: Job 1- Job 2- Job 3- Job 4.

f.) Hitung nilai makespan

Tabel 4.38 Perhitungan Nilai *Makespan* Job 1 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1     | M2     | M3     | M4     | M5     | M6     | M7     |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| J1  | 64,09  | 95,82  | 159,65 | 191,16 | 207,23 | 221,69 | 246,86 |
| J2  | 143,94 | 143,94 | 211,97 | 238,84 | 251,68 | 265,35 | 288,19 |
| J3  | 170,55 | 197,74 | 265,28 | 292,03 | 305,27 | 318,61 | 341,42 |
| J4  | 242,42 | 278,58 | 350,15 | 386,03 | 403,74 | 420,86 | 449,75 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

b. Job 2 sebagai urutan pertama

a.) Job 2 dipilih sebagai urutan pertama sehingga waktu proses Job 2 pada seluruh mesin dianggap 0. Tempatkan selain Job 2 sebagai urutan pertama pada urutan berikutnya.

Tabel 4.39 Daftar Pengurutan Untuk Job 2 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|
| J2  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  |

|    |       |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| J1 | 64,09 | 31,73 | 63,84 | 31,50 | 16,08 | 14,45 | 25,18 |
| J3 | 53,73 | 27,18 | 53,31 | 26,76 | 13,24 | 13,34 | 22,81 |
| J4 | 71,87 | 36,16 | 71,56 | 35,88 | 17,71 | 17,12 | 28,89 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

b.) Memilih waktu proses terkecil untuk masing-masing mesin yaitu:

M1 = 53,73    M2 = 27,18    M3 = 52,31

M4 = 26,76    M5 = 13,24    M6 = 13,34

M7 = 22,81

c.) Lakukan penambahan waktu proses pada setiap Pij dengan menggunakan aturan Increasing dari yg terkecil hingga terbesar.

Tabel 4.40 Penambahan Waktu Proses Job 2 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1     | M2    | M3     | M4    | M5    | M6    | M7    |
|-----|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| J2  | -      | -     | -      | -     | -     | -     | -     |
| J1  | 117,82 | 58,91 | 117,15 | 58,26 | 29,32 | 27,79 | 47,98 |
| J3  | 53,73  | 27,18 | 53,31  | 26,76 | 13,24 | 13,34 | 22,81 |
| J4  | 189,69 | 95,07 | 188,71 | 94,14 | 47,03 | 44,91 | 76,87 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

d.) Hitung Total waktu proses pada setiap job

Tabel 4.41 Perhitungan *Complation Time* Job 2 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1     | M2    | M3     | M4    | M5    | M6    | M7    | total Ci |
|-----|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|
| J2  | -      | -     | -      | -     | -     | -     | -     | -        |
| J1  | 117,82 | 58,91 | 117,15 | 58,26 | 29,32 | 27,79 | 47,98 | 457,23   |
| J3  | 53,73  | 27,18 | 53,31  | 26,76 | 13,24 | 13,34 | 22,81 | 210,36   |
| J4  | 189,69 | 95,07 | 188,71 | 94,14 | 47,03 | 44,91 | 76,87 | 736,42   |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

e.) Urutkan waktu proses dimulai dari waktu proses yang terkecil sampai yang terbesar dimana job 2 sebagai urutan pertama dan diperoleh urutan job sebagai berikut: Job 2- Job 3- Job 1- Job 4.

f.) Hitung nilai makespan

Tabel 4.42 Perhitungan Nilai *Makespan* Job 2 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|
|-----|----|----|----|----|----|----|----|

|    |        |        |        |        |        |        |        |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| J2 | 52,74  | 79,86  | 132,17 | 159,04 | 171,88 | 185,56 | 208,40 |
| J3 | 106,47 | 133,65 | 186,96 | 213,72 | 226,96 | 240,29 | 263,10 |
| J1 | 170,55 | 202,29 | 266,12 | 297,62 | 313,70 | 328,16 | 353,33 |
| J4 | 242,42 | 278,58 | 350,15 | 386,03 | 403,74 | 420,86 | 449,75 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

c. Job 3 sebagai urutan pertama

a.) Job 3 dipilih sebagai urutan pertama sehingga waktu proses Job 3 pada seluruh mesin dianggap 0. Tempatkan selain Job 3 sebagai urutan pertama pada urutan berikutnya.

Tabel 4.43 Daftar Pengurutan Untuk Job 3 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1    | M2    | M3    | M4    | M5    | M6    | M7    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| J3  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| J4  | 71,87 | 36,16 | 71,56 | 71,87 | 17,71 | 17,12 | 28,89 |
| J1  | 64,09 | 31,73 | 63,84 | 31,50 | 16,08 | 14,45 | 25,18 |
| J2  | 52,74 | 27,12 | 52,31 | 26,87 | 12,84 | 13,67 | 22,84 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

b.) Memilih waktu proses terkecil untuk masing-masing mesin yaitu:

M1 = 52,74    M2 = 27,12    M3 = 52,31

M4 = 26,87    M5 = 12,84    M6 = 13,67

M7 = 22,84

c.) Lakukan penambahan waktu proses pada setiap Pij dengan menggunakan aturan Increasing dari yg terkecil hingga terbesar.

Tabel 4.44 Penambahan Waktu Proses Job 3 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1     | M2    | M3     | M4     | M5    | M6    | M7    |
|-----|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| J3  | -      | -     | -      | -      | -     | -     | -     |
| J4  | 188,69 | 95,01 | 187,71 | 130,25 | 46,63 | 45,25 | 76,91 |
| J1  | 116,82 | 58,85 | 116,15 | 58,38  | 28,92 | 28,13 | 48,02 |
| J2  | 52,74  | 27,12 | 52,31  | 26,87  | 12,84 | 13,67 | 22,84 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

d.) Hitung Total waktu proses pada setiap job

Tabel 4.45 Perhitungan *Completion Time* Job 3 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1     | M2    | M3     | M4     | M5    | M6    | M7    | total Ci |
|-----|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|----------|
| J3  | -      | -     | -      | -      | -     | -     | -     | -        |
| J4  | 188,69 | 95,01 | 187,71 | 130,25 | 46,63 | 45,25 | 76,91 | 770,45   |
| J1  | 116,82 | 58,85 | 116,15 | 58,38  | 28,92 | 28,13 | 48,02 | 455,26   |
| J2  | 52,74  | 27,12 | 52,31  | 26,87  | 12,84 | 13,67 | 22,84 | 208,40   |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- e.) Urutkan waktu proses dimulai dari waktu proses yang terkecil sampai yang terbesar dimana job 3 sebagai urutan pertama dan diperoleh urutan job sebagai berikut: Job 3- Job 2- Job 1- Job 4.
- f.) Hitung nilai makespan

Tabel 4.46 Perhitungan Nilai *Makespan* Job 3 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1     | M2     | M3     | M4     | M5     | M6     | M7     |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| J3  | 53,73  | 80,91  | 134,22 | 160,98 | 174,22 | 187,56 | 210,36 |
| J2  | 106,47 | 133,59 | 185,90 | 212,77 | 225,61 | 239,29 | 262,13 |
| J1  | 170,55 | 202,29 | 266,12 | 297,62 | 313,70 | 328,16 | 353,33 |
| J4  | 242,42 | 278,58 | 350,15 | 386,03 | 403,74 | 420,86 | 449,75 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- d. Job 4 sebagai urutan pertama
- a.) Job 4 dipilih sebagai urutan pertama sehingga waktu proses Job 4 pada seluruh mesin dianggap 0. Tempatkan selain Job 4 sebagai urutan pertama pada urutan berikutnya.

Tabel 4.47 Daftar Pengurutan Untuk Job 4 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1    | M2    | M3    | M4    | M5    | M6    | M7    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| J4  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| J1  | 64,09 | 31,73 | 63,84 | 31,50 | 16,08 | 14,45 | 25,18 |
| J2  | 52,74 | 27,12 | 52,31 | 26,87 | 12,84 | 13,67 | 22,84 |
| J3  | 53,73 | 27,18 | 53,31 | 26,76 | 13,24 | 13,34 | 22,81 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- b.) Memilih waktu proses terkecil untuk masing-masing mesin yaitu:

$$M1 = 52,74 \quad M2 = 27,12 \quad M3 = 52,31$$

$$M4 = 26,76 \quad M5 = 12,84 \quad M6 = 13,34$$

$$M7 = 22,81$$

- c.) Lakukan penambahan waktu proses pada setiap Pij dengan menggunakan aturan Increasing dari yg terkecil hingga terbesar.

Tabel 4.48 Penambahan Waktu Proses Job 4 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1     | M2    | M3     | M4    | M5    | M6    | M7    |
|-----|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| J4  | -      | -     | -      | -     | -     | -     | -     |
| J1  | 170,55 | 86,03 | 169,46 | 85,13 | 42,15 | 41,47 | 70,82 |
| J2  | 52,74  | 27,12 | 52,31  | 53,63 | 12,84 | 27,01 | 45,65 |
| J3  | 106,47 | 54,30 | 105,62 | 26,76 | 26,07 | 13,34 | 22,81 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- d.) Hitung Total waktu proses pada setiap job

Tabel 4.49 Perhitungan *Complation Time* Job 4 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1     | M2    | M3     | M4    | M5    | M6    | M7    | total Ci |
|-----|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|
| J4  | -      | -     | -      | -     | -     | -     | -     | -        |
| J1  | 170,55 | 86,03 | 169,46 | 85,13 | 42,15 | 41,47 | 70,82 | 665,62   |
| J2  | 52,74  | 27,12 | 52,31  | 53,63 | 12,84 | 27,01 | 45,65 | 271,30   |
| J3  | 106,47 | 54,30 | 105,62 | 26,76 | 26,07 | 13,34 | 22,81 | 355,37   |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- e.) Urutkan waktu proses dimulai dari waktu proses yang terkecil sampai yang terbesar dimana job 4 sebagai urutan pertama dan diperoleh urutan job sebagai berikut: Job 4- Job 2- Job 3- Job 1.

- f.) Hitung nilai makespan

Tabel 4.50 Perhitungan Nilai *Makespan* Job 4 Sebagai Urutan Pertama

| Job | M1    | M2     | M3     | M4     | M5     | M6     | M7     |
|-----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| J4  | 71,87 | 108,03 | 179,59 | 215,47 | 233,19 | 250,31 | 279,20 |

|    |        |        |        |        |        |        |        |
|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| J2 | 124,61 | 151,73 | 204,04 | 230,91 | 243,75 | 257,43 | 308,13 |
| J3 | 178,34 | 205,52 | 258,83 | 285,59 | 298,83 | 312,16 | 382,95 |
| J1 | 242,42 | 274,15 | 337,99 | 369,49 | 385,57 | 400,03 | 425,19 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

## 2. Menentukan Urutan kedua

### a. Job 1 ditempatkan sebagai urutan ke dua

a.) Job 1 dipilih sebagai urutan kedua sehingga waktu proses Job 1 pada seluruh mesin dianggap 0. Tempatkan Job selain Job 1 pada urutan berikutnya.

Tabel 4.51 Daftar Pengurutan Untuk Job 1 Sebagai Urutan Kedua

| Job | M1    | M2    | M3    | M4    | M5    | M6    | M7    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| J1  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| J2  | 52,74 | 27,12 | 52,31 | 26,87 | 12,84 | 13,67 | 22,84 |
| J3  | 53,73 | 27,18 | 53,31 | 26,76 | 13,24 | 13,34 | 22,81 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### b.) Memilih waktu proses terkecil untuk masing-masing mesin yaitu:

M1 = 52,74    M2 = 27,12    M3 = 52,31

M4 = 26,76    M5 = 12,84    M6 = 13,34

M7 = 22,81

### c.) Lakukan penambahan waktu proses pada setiap Pij dengan menggunakan aturan Increasing dari yg terkecil hingga terbesar.

Tabel 4.52 Penambahan Waktu Proses Job 1 Sebagai Urutan Kedua

| Job | M1     | M2    | M3     | M4    | M5    | M6    | M7    |
|-----|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| J1  | -      | -     | -      | -     | -     | -     | -     |
| J2  | 52,74  | 27,12 | 52,31  | 53,63 | 12,84 | 27,01 | 45,65 |
| J3  | 106,47 | 54,30 | 105,62 | 26,76 | 26,07 | 13,34 | 22,81 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### d.) Hitung Total waktu proses pada setiap job

Tabel 4.53 Perhitungan *Complation Time* Job 1 Sebagai Urutan Kedua

| Job | M1 | M2 | M3 | M4 | M5 | M6 | M7 | total Ci |
|-----|----|----|----|----|----|----|----|----------|
| J1  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -  | -        |

|    |        |       |        |       |       |       |       |        |
|----|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| J2 | 52,74  | 27,12 | 52,31  | 53,63 | 12,84 | 27,01 | 45,65 | 271,30 |
| J3 | 106,47 | 54,30 | 105,62 | 26,76 | 26,07 | 13,34 | 22,81 | 355,37 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- e.) Urutkan waktu proses dimulai dari waktu proses yang terkecil sampai yang terbesar dimana job 1 sebagai urutan pertama dan diperoleh urutan job sebagai berikut: Job 1- Job 2- Job 3.

- f.) Hitung nilai makespan

Tabel 4.54 Perhitungan Nilai *Makespan* Job 1 Sebagai Urutan Kedua

| Job | M1     | M2     | M3     | M4     | M5     | M6     | M7     |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| J1  | 64,09  | 95,82  | 159,65 | 191,16 | 207,23 | 221,69 | 246,86 |
| J2  | 116,82 | 143,94 | 223,01 | 223,13 | 235,97 | 249,64 | 272,48 |
| J3  | 170,55 | 197,74 | 251,05 | 277,81 | 291,04 | 304,38 | 327,19 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- b. Job 2 ditempatkan sebagai urutan ke dua

- a.) Job 2 dipilih sebagai urutan kedua sehingga waktu proses Job 2 pada seluruh mesin dianggap 0. Tempatkan Job selain Job 2 pada urutan berikutnya.

Tabel 4.55 Daftar Pengurutan Untuk Job 2 Sebagai Urutan Kedua

| Job | M1    | M2    | M3    | M4    | M5    | M6    | M7    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| J2  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| J3  | 53,73 | 27,18 | 53,31 | 26,76 | 13,24 | 13,34 | 22,81 |
| J1  | 64,09 | 31,73 | 63,84 | 31,50 | 16,08 | 14,45 | 25,18 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- b.) Memilih waktu proses terkecil untuk masing-masing mesin yaitu:

$$M1 = 53,73 \quad M2 = 27,18 \quad M3 = 53,31$$

$$M4 = 26,76 \quad M5 = 12,24 \quad M6 = 13,34$$

$$M7 = 22,81$$

- c.) Lakukan penambahan waktu proses pada setiap Pij dengan menggunakan aturan Increasing dari yg terkecil hingga terbesar.

Tabel 4.56 Penambahan Waktu Proses Job 2 Sebagai Urutan Kedua

| Job | M1     | M2    | M3     | M4    | M5    | M6    | M7    |
|-----|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| J2  | -      | -     | -      | -     | -     | -     | -     |
| J1  | 53,73  | 27,18 | 53,31  | 26,76 | 13,24 | 13,34 | 22,81 |
| J3  | 117,82 | 58,91 | 117,15 | 58,26 | 29,32 | 27,79 | 47,98 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- d.) Hitung Total waktu proses pada setiap job

Tabel 4.57 Perhitungan *Complation Time* Job 2 Sebagai Urutan Kedua

| Job | M1     | M2    | M3     | M4    | M5    | M6    | M7    | total Ci |
|-----|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|
| J2  | -      | -     | -      | -     | -     | -     | -     | -        |
| J1  | 53,73  | 27,18 | 53,31  | 26,76 | 13,24 | 13,34 | 22,81 | 210,36   |
| J3  | 117,82 | 58,91 | 117,15 | 58,26 | 29,32 | 27,79 | 47,98 | 457,23   |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- e.) Urutkan waktu proses dimulai dari waktu proses yang terkecil sampai yang terbesar dimana job 2 sebagai urutan pertama dan diperoleh urutan job sebagai berikut: Job 2- Job 3- Job 1.

- f.) Hitung nilai makespan

Tabel 4.58 Perhitungan Nilai *Makespan* Job 2 Sebagai Urutan Kedua

| Job | M1     | M2     | M3     | M4     | M5     | M6     | M7     |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| J2  | 52,74  | 79,86  | 132,17 | 159,04 | 171,88 | 185,56 | 208,40 |
| J3  | 106,47 | 106,47 | 186,96 | 213,72 | 226,96 | 240,29 | 263,10 |
| J1  | 170,55 | 202,29 | 266,12 | 297,62 | 313,70 | 328,16 | 353,33 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- c. Job 3 ditempatkan sebagai urutan ke dua

- a.) Job 3 dipilih sebagai urutan kedua sehingga waktu proses Job 3 pada seluruh mesin dianggap 0. Tempatkan Job selain Job 3 pada urutan berikutnya.

Tabel 4.59 Daftar Pengurutan Untuk Job 3 Sebagai Urutan Kedua

| Job | M1    | M2    | M3    | M4    | M5    | M6    | M7    |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| J3  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -     |
| J1  | 64,09 | 31,73 | 63,84 | 31,50 | 16,08 | 14,45 | 25,18 |
| J2  | 52,74 | 27,12 | 52,31 | 26,87 | 12,84 | 13,67 | 22,84 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- b.) Memilih waktu proses terkecil untuk masing-masing mesin yaitu:

$$M1 = 52,74 \quad M2 = 27,12 \quad M3 = 52,31$$

$$M4 = 26,87 \quad M5 = 12,84 \quad M6 = 13,67$$

$$M7 = 22,84$$

- c.) Lakukan penambahan waktu proses pada setiap Pij dengan menggunakan aturan Increasing dari yg terkecil hingga terbesar.

Tabel 4.60 Penambahan Waktu Proses Job 3 Sebagai Urutan Kedua

| Job | M1     | M2    | M3     | M4    | M5    | M6    | M7    |
|-----|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|
| J3  | -      | -     | -      | -     | -     | -     | -     |
| J1  | 116,82 | 58,85 | 116,15 | 58,38 | 28,92 | 28,13 | 48,02 |
| J2  | 52,74  | 27,12 | 52,31  | 26,87 | 12,84 | 13,67 | 22,84 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- d.) Hitung Total waktu proses pada setiap job

Tabel 4.61 Perhitungan *Completion Time* Job 3 Sebagai Urutan Kedua

| Job | M1     | M2    | M3     | M4    | M5    | M6    | M7    | total Ci |
|-----|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|----------|
| J3  | -      | -     | -      | -     | -     | -     | -     | -        |
| J1  | 116,82 | 58,85 | 116,15 | 58,38 | 28,92 | 28,13 | 48,02 | 455,26   |

|    |       |       |       |       |       |       |       |        |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| J2 | 52,74 | 27,12 | 52,31 | 26,87 | 12,84 | 13,67 | 22,84 | 208,40 |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- e.) Urutkan waktu proses dimulai dari waktu proses yang terkecil sampai yang terbesar dimana job 3 sebagai urutan pertama dan diperoleh urutan job sebagai berikut: Job 3- Job 2- Job 1.

- f.) Hitung nilai makespan

Tabel 4.62 Perhitungan Nilai *Makespan* Job 3 Sebagai Urutan Kedua

| Job | M1     | M2     | M3     | M4     | M5     | M6     | M7     |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| J3  | 53,73  | 80,91  | 134,22 | 160,98 | 174,22 | 187,56 | 210,36 |
| J2  | 106,47 | 133,59 | 185,90 | 212,77 | 225,61 | 239,29 | 262,13 |
| J1  | 170,55 | 202,29 | 266,12 | 297,62 | 313,70 | 328,16 | 353,33 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### 3. Menentukan urutan ke tiga dan keempat

Untuk menentukan urutan keyiga dan keempat tidak perlu menggunakan tahapan sebelumnya, hal ini dikarena pada penentuan urutan ke tiga dan keempat hanya membandingkan kedua Job saja, sehingga untuk penentuan urtan ketiga dan keempat hanya menghitung dari dua alternatif yang ada, yaitu:

- a. Job 2- Job 3

Tabel 4.63 Perhitungan Nilai *Makespan* Job 2-3

| Job | M1     | M2     | M3     | M4     | M5     | M6     | M7     |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| J2  | 52,74  | 79,86  | 132,17 | 160,98 | 174,22 | 185,56 | 208,40 |
| J3  | 106,47 | 133,65 | 186,96 | 213,72 | 226,96 | 240,29 | 263,10 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

- b. Job 3- Job 2

Tabel 4.64 Perhitungan Nilai *Makespan* Job 3-2

| Job | M1     | M2     | M3     | M4     | M5     | M6     | M7     |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| J3  | 53,73  | 80,91  | 134,22 | 160,98 | 174,22 | 187,56 | 210,36 |
| J2  | 106,47 | 133,59 | 186,96 | 212,77 | 225,61 | 239,29 | 262,13 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode algoritma *heuristic pour* maka urutan pekerjaan dengan menghasilkan makespan yang optimum yakni, Job 4 sebagai urutan pertama, Job 1 sebagai urutan kedua, Job 3 sebagai urutan ketiga dan Job 2 sebagai urutan keempat menghasilkan nilai makespan sebesar 1.433.096,48 detik. Berikut ini adalah tabel hasil perhitungan makespan dari urutan Job 4- Job 1- Job 3- Job 2.

Tabel 4.65 Perhitungan Nilai *Makespan* Dengan Metode *Heuristic Pour*

| Job | M1     | M2     | M3     | M4     | M5     | M6     | M7     |
|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| J4  | 71,87  | 108,03 | 179,59 | 215,47 | 233,19 | 250,31 | 279,20 |
| J1  | 135,96 | 167,69 | 243,43 | 274,93 | 291,01 | 305,46 | 330,64 |
| J3  | 189,69 | 216,87 | 296,74 | 323,50 | 336,73 | 350,07 | 372,88 |
| J2  | 242,42 | 269,54 | 349,05 | 375,93 | 388,76 | 402,44 | 425,28 |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Setelah didapat nilai *makespan*, maka selanjutnya adalah menghitung nilai *mean flow time*. Adapun rumus untuk mencari *mean flow time* sebagai berikut:

$$Mean Flow Time = \frac{Flow time}{Jumlah job}$$

$$MFT = 1407,99/4 = 352 \text{ jam}$$

Dari hasil perhitungan *mean flow time* diatas dapat diketahui besarnya *mean flow time* untuk pekerjaan yang ada adalah sebesar 352 jam.

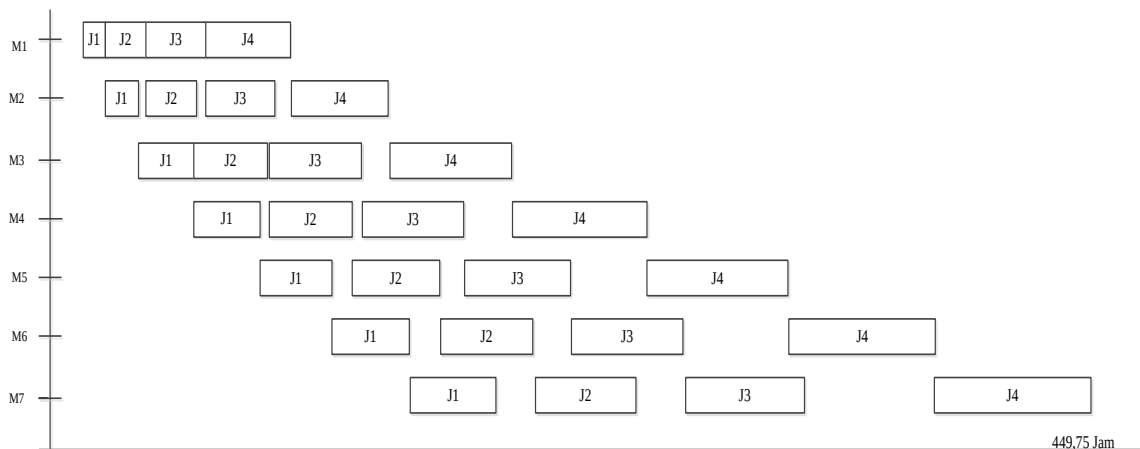
## BAB V

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Setelah melakukan pengumpulan dan pengolahan data pada bab sebelumnya. Maka selanjutnya adalah menganalisis hasil dari pengolahan data berdasarkan perhitungan dengan menggunakan metode-metode penjadwalan perusahaan dan penjadwalan yang akan diusulkan yaitu Algoritma *Nawaz Enscore and Ham* (NEH), Algoritma *Heuristic Pour* dan Algoritma *Cambell Dudeck Smith* (CDS). Adapun penjelasan mengenai hal-hal yang akan dianalisis adalah sebagai berikut:

#### 5.1 Analisis Penjadwalan Perusahaan

PT Braja Mukti Cakra selama ini menggunakan metode First Come First Serve (FCFS) dalam menjadwalkan setiap *job* yang datang. Metode ini akan memprioritaskan pesanan yang masuk lebih awal akan dikerjakan pertama sekali dan pesanan yang diterima pada akhir akan dikerjakan paling belakang. Dan perusahaan memiliki empat *job*. Berdasarkan data yang diperoleh selama bulan januari 2017 urutan *job* yang dikerjakan berdasarkan *job* yang pertama sekali datang adalah *Job 1- Job 2- Job 3- Job 4*. Dari urutan *job* tersebut dapat dilakukan penjadwalan dengan metode First Come First Serve (FCFS). Adapun hasil *makespan* yang dihasilkan dengan metode FCFS sebesar 499,75 jam. *Makespan* yang dihasilkan berdasarkan metode perusahaan dapat dilihat di Gambar 5.1 berikut ini:



Gambar 5.1 Gantt Chart Penjadwalan Perusahaan

## 5.2 Analisis Penjadwalan Produksi Dengan Metode Algoritma *Nawaz Enscoe and Ham (NEH)*

Berdasarkan pengolahan data pada bab sebelumnya dengan menggunakan metode algoritma Nawaz Enscoe dan Ham terdapat beberapa tahap yang perlu dilakukan diantara sebagai berikut:

### 1. Menentukan Alternatif Urutan Parsial dari 2 *Job*

Langkah pertama yang harus dilakukan untuk menyelesaikan penjadwalan dengan menggunakan metode algoritma NEH adalah hitung total waktu proses yang dibutuhkan untuk setiap *job* yang dilalui dengan 7 mesin. Kemudian, total waktu proses yang diperoleh akan menjadi acuan untuk membentuk urutan *job* dimulai dari total waktu proses yang terbesar hingga yang terkecil. Dimana diperoleh urutan *job* J4-J1 atau J1-J4. Karena *job* J4 memiliki total waktu terbesar dibandingkan dengan *job* yang lain. Setelah diketahui hasil dari perhitungan total waktu proses. Maka selanjutnya mengitung nilai *makespan* untuk urutan parsial dari 2 *job* yang memiliki total waktu proses terbesar. Dimana *job* yang terpilih adalah *job* J4-J1. Sehingga, didapat alternatif dari 2 *job* terpilih yakni *job* J4-J1 atau J1-J4. Dari hasil perhitungan dengan menggunakan metode algoritma NEH diperoleh *makespan* terkecil yakni 330,64 jam dengan urutan parsial *job* J4-J1 dibandingkan dengan parsial J1-J4 yang memiliki *makespan* 343,28 jam.

### 2. Menentukan Alternatif Urutan 3 *Job*

Setelah didapat *makespan* terkecil dengan urutan *job* J4-J1, langkah selanjutnya adalah menentukan alternatif urutan dari 3 *job* dengan mengikutsertakan urutan parsial yang sudah terpilih. Pada tahap ini akan diperoleh beberapa kemungkinan alternatif urutan *job* jika urutan parsial *job*

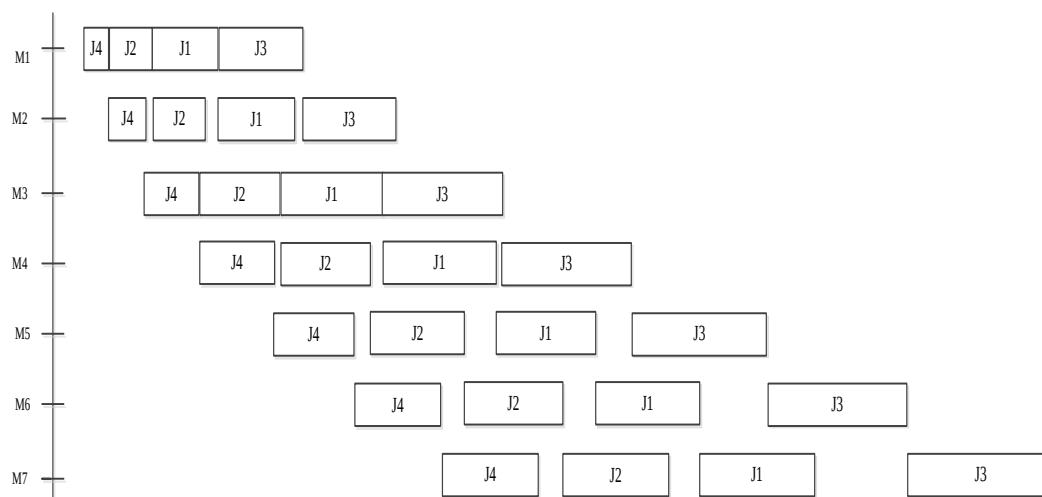
J4-J1 dihubungkan dengan *job* J3 yakni menjadi J4-J1-J3 atau J4-J3-J1 atau J3-J4-J1.

Dari hasil perhitungan algoritma NEH diperoleh *makespan* terkecil yakni 372,88 jam dengan urutan parsial yakni J4-J1-J3 dibandingkan dengan urutan alternatif urutan *job* J4-J3-J1 yang menghasilkan *makespan* sebesar 383,95 jam, dan urutan parsial J3-J4-J1 dengan *makespan* sebesar 384,37 jam.

### 3. Menentukan Alternatif Urutan dari 4 *Job*

Berdasarkan pada tahap sebelumnya didapat alternatif urutan *Job* 4-1-3, langkah selanjutnya menentukan alternatif urutan dari 4 *job* dengan mengikutsertakan urutan *job* parsial terpilih pada tahap sebelumnya.. Dalam hal ini diperoleh beberapa kemungkinan alternatif urutan *job* jika urutan parsial *Job* 4- *Job* 1- *Job* 3 dihubungkan dengan *Job* 2 akan menghasilkan beberapa alternatif urutan parsial yakni *Job* 4- 1-3-2 atau *job* 4-1-2-3 atau *job* 4-2-1-3 atau *job* 2-4-1-3.

Dari hasil perhitungan Algoritma NEH diperoleh *makespan* terkecil yakni sebesar 425,19 jam dengan dua urutan *job* yang berbeda yaitu urutan *Job* 4-2-1-3 dan *Job* 4-1-2-3. Namun urutan *job* yang terpilih adalah urutan parsial *Job* 4-2-1-3 karena urutan parsial *job* tersebut menghasilkan *mean flow time* lebih kecil dibandingkan dengan urutan parsial *Job* 4-1-2-3. Sedangkan beberapa urutan parsial yakni *Job* 4-1-3-2 menghasilkan *makespan* sebesar 425,28 jam atau *Job* 2-4-1-3 menghasilkan *makespan* sebesar 425,62 jam. *Makespan* yang dihasilkan berdasarkan metode Algoritma Nawaz, Enscore, and Ham dapat dilihat di Gambar 5.2 berikut ini:



Gambar 5.2 Gantt Chart Metode Algoritma *Nawaz, Ensore and Ham*

### 5.3 Analisis Penjadwalan Produksi Dengan Metode Algoritma *Heuristic Pour*

Berdasarkan dari tahapan perhitungan algoritma heuristic Pour yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, maka penjadwalan produksi Fly wheel adalah sebagai berikut:

#### 1. Menentukan urutan pertama

Pada algoritma pour semua *job* pertama kali ditempatkan sebagai urutan pertama. *Job* yang terdapat pada PT Braja Mukti Cakara sebanyak 4 *Job*. Dalam metode ini *Job* 1, *Job* 2, *Job* 3 dan *Job* 4 ditempatkan sebagai urutan pertama. Setelah itu, dari setiap *Job* yang menempati urutan pertama dilakukan perhitungan hingga *makespan* diketahui berdasarkan tahapan yang terdapat pada algoritma tersebut. Hasil *makespan* yang diperoleh dari masing-masing *job* yang telah menempati urutan pertama dibandingkan. Nilai *makespan* yang terkecil dipilih sebagai *job* urutan pertama. Dalam hal ini *job* 4 terpilih sebagai urutan pertama karena memiliki nilai *makespan* terkecil yakni sebesar (masukan nilai *makespan*nya) dibandingkan dengan *makespan* *Job* 1, *Job* 2 dan *Job* 3 sebagai urutan pertama. *Makespan* yang dihasilkan *Job* 1, *Job* 2 dan *Job* 3 sebagai urutan pertama menghasilkan nilai *makespan* yang sama yakni sebesar 449,75 jam.

#### 2. Menentukan urutan kedua

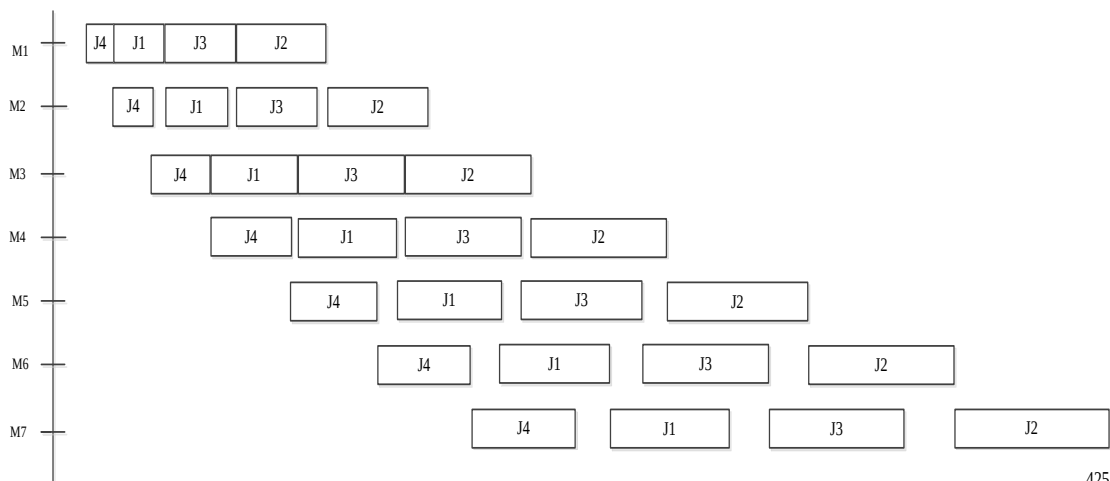
Pada tahap ini *Job* 4 tidak diperlukan untuk menentukan urutan *job* yang menempati urutan kedua karena *Job* 4 sudah terpilih untuk menempati urutan pertama. Sehingga yang terdapat pada tahap ini hanya terdapat 3 *Job* yang akan menempati urutan kedua yakni *Job* 1, *Job* 2 dan *Job* 3. Langkah selanjutnya sama yakni melakukan perhitungan hingga *makespan* diketahui sesuai dengan tahapan algoritma tersebut. Nilai *makespan* yang terkecil akan dipilih sebagai

urutan kedua. Dalam hal ini diperoleh *Job* 1 sebagai urutan kedua yang memiliki *makespan* terkecil yakni sebesar 327,19 jam dibandingkan dengan *Job* 2 dan *Job* 3 sebagai urutan kedua. Dimana *makespan* yang dihasilkan dari *Job* 2 dan *Job* 3 sebagai *Job* urutan pertama untuk mendapatkan urutan kedua menghasilkan nilai *makespan* yang sama yakni sebesar 353,33 jam.

### 3. Menentukan urutan *Job* Ketiga dan Keempat

Pada tahap ini *Job* 4 dan *Job* 1 tidak diperlukan untuk menentukan urutan *job* yang menempati urutan ketiga dan keempat hal ini dikarenakan *Job* 4 dan *Job* 1 sudah terpilih untuk menempati urutan *Job* Pertama dan kedua. Dalam tahap ini tidak perlu melakukan tahapan-tahapan untuk mendapatkan *makespan* pada metode tersebut. Karena pada tahap ini hanya menyisakan dua *job* yang belum mendapatkan urutan *job*. Sehingga untuk menentukan urutan *job* ketiga dan keempat dapat langsung dihitung nilai *makespan* berdasarkan dua alternatif parsial *job* yaitu *Job* 2-*Job* 3 atau *Job* 3-*Job* 2. Dalam hal ini diperoleh *Job* 3-*Job* 2 yang menghasilkan *makespan* terkecil yakni sebesar 262,13 jam. Sehingga *Job* 3 sebagai urutan ketiga dan *Job* 2 sebagai urutan keempat. Sedangkan *makespan* yang dihasilkan *Job* 2-*Job* 3 memiliki nilai *makespan* yang lebih besar dibandingkan nilai *makespan* *Job* 3- *Job* 2 yakni sebesar 263,10 jam.

Berdasarkan perhitungan algoritma heuristic Pour yang telah dilakukan pada bab sebelumnya maka diperoleh penjadwalan produksi *fly wheel* dengan urutan *Job* 4- *Job* 1- *Job* 3- *Job* 2 sebagai urutan yang menghasilkan nilai *makespan* yang optimal dengan *makespan* sebesar 425,28 jam dan *mean flow time* sebesar 352 jam. *Makespan* yang dihasilkan berdasarkan metode perusahaan dapat dilihat di Gambar 5.3 berikut ini:



#### 5.4 Gambar 5.3 Gantt Chart Metode Algoritma *Heuristic Pour Campbell Dudeck Smith (CDS)*

Metode *Campbell Dudeck Smith* adalah pengembangan dari aturan yang telah dikemukakan oleh Jhonson. Pengembangan tersebut adalah setiap pekerjaan yang akan diselesaikan harus melewati proses masing-masing mesin yang diusahakan. Hal ini berfungsi untuk mendapatkan *makespan* yang terkecil yang merupakan urutan pengerjaan yang paling baik. Metode *Campbell Dudeck Smith* merupakan proses penjadwalan atau penugasan kerja berdasarkan atas waktu proses kerja yang terkecil yang digunakan dalam melakukan produksi. Waktu proses minimum pekerjaan yang terdapat pada mesin pertama ( $t_{i,1}$ ) akan ditempatkan pada awal deret penjadwalan. Namun jika waktu proses minimum pekerjaan yang terdapat pada mesin kedua ( $t_{i,2}$ ) akan ditempatkan pada akhir deret penjadwalan.

Pada bab sebelumnya telah dilakukan perhitungan metode *Campbell Dudeck Smith* untuk mendapatkan urutan *job* dan *makespan* yang terbaik. Adapun hasil urutan *job*, *makespan*, dan *mean flow time* pada tabel 5.2:

Tabel 5.2 Urutan *Job*, *Makespan*, dan *MFT* dari Metode CDS

| Metode                              | Urutan <i>Job</i> | <i>Makespan</i> (jam) | <i>Mean flow time</i> (jam) |
|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|
| <i>Campbell, Dudek, Smith</i> (CDS) | J4-J1-J2-J3       | 425,28                | 352                         |
|                                     | J4-J1-J3-J2       | 425,19                | 351,75                      |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Untuk mengetahui tahapan dari hasil perhitungan tabel 5.2 diatas menentukan urutan *job* dan *Makespan* dengan kombinasi deret awal dan deret akhir dapat dilihat pada tabel 5.3, tabel 5.4, dan tabel 5.5, sebagai berikut:

Tabel 5.3 Hasil Perhitungan Waktu Menentukan Urutan Penjadwalan Dengan Metode CDS

| Tahap   |      | Jam    |        |        |            |
|---------|------|--------|--------|--------|------------|
|         |      | J1     | J2     | J3     | J4         |
| k=1     | ti,1 | 64,09  | 52,74  | 53,73  | 71,87      |
|         | ti,2 | 25,18  | 22,84  | 22,81  | 28,89      |
| k=2     | ti,1 | 98,82  | 79,86  | 80,91  | 108,03     |
|         | ti,2 | 39,63  | 36,51  | 36,14  | 46,01      |
| Tahapan |      | Jam    |        |        | Lanjutan.. |
|         |      | J1     | J2     | J3     |            |
| k=3     | ti,1 | 159,65 | 132,17 | 134,22 | 179,59     |
|         | ti,2 | 55,71  | 49,35  | 49,38  | 63,73      |
| k=4     | ti,1 | 191,14 | 159,04 | 160,98 | 215,47     |
|         | ti,2 | 87,21  | 76,23  | 76,14  | 99,60      |
| k=5     | ti,1 | 207,23 | 171,88 | 174,22 | 233,19     |
|         | ti,2 | 151,05 | 128,54 | 129,45 | 171,17     |
| k=6     | ti,1 | 221,69 | 185,56 | 187,56 | 250,31     |
|         | ti,2 | 187,78 | 155,66 | 156,63 | 207,33     |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan tabel diatas yang berdasarkan hasil perhitungan pada bab sebelumnya maka dapat diketahui, pada metode ini menghasilkan 6 iterasi penjadwalan. Banyaknya iterasi tersebut didapatkan dari jumlah mesin yang tersedia dikurang satu, dimana satu ini adalah nilai yang didapat berdasarkan rumus pada metode tersebut. Setelah diketahui banyaknya jumlah iterasi maka langkah selanjutnya adalah lakukan perhitungan berdasarkan aturan jonhson. Hasil perhitungan pada setiap tahapnya dapat dilihat pada tabel 5.3. Kemudian akan didapat urutan penjadwalan CDS sesuai dengan kriteria proses penjadwalan metode CDS. Kriteria yang dimaksud berdasarkan atas kombinasi deret waktu proses kerja yang terkecil untuk menentukan urutan produksi. Urutan produksi dari hasil perhitungan metode CDS ialah pada tabel 5.4 sebagai beriku

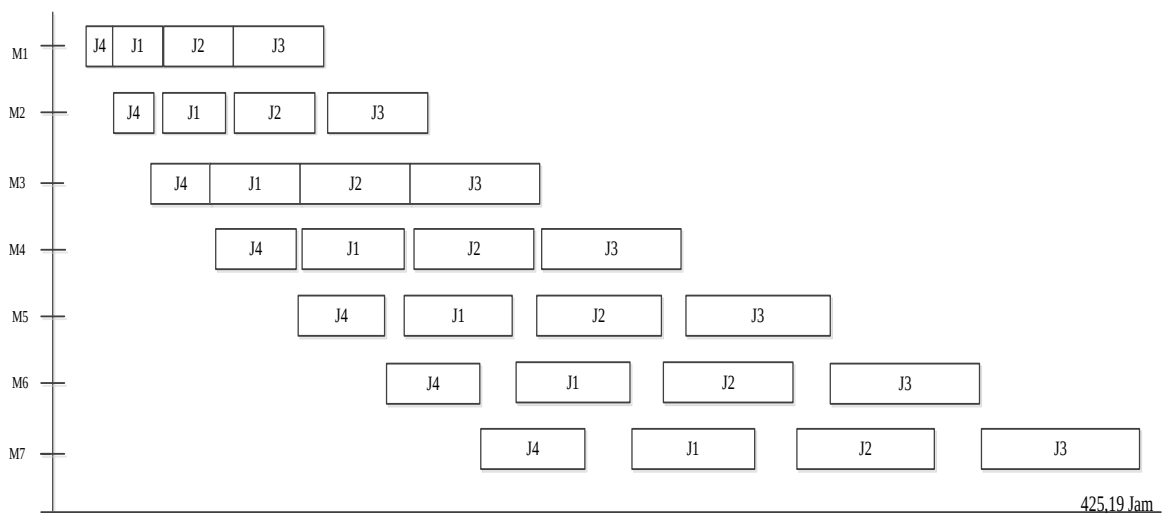
Tabel 5.4 Urutan Produksi Yang Dihasilkan Pada Setiap Proses Pada Mesin

| Tahapan | Urutan <i>Job</i> |
|---------|-------------------|
| k = 1   | J4-J1-J2-J3       |
| k = 2   | J4-J1-J2-J3       |

|       |             |
|-------|-------------|
| k = 3 | J4-J1-J3-J2 |
| k = 4 | J4-J1-J2-J3 |
| k = 5 | J4-J1-J3-J2 |
| k = 6 | J4-J1-J3-J2 |

(Sumber: Hasil Pengelolahan Data)

Berdasarkan Tabel 5.4 setiap iterasi menghasilkan urutan *job*. Dimana untuk mendapatkan urutan-urutan *job* tersebut diurutkan berdasarkan waktu proses berdasarkan perhitungan metode Cambell Dudeck Smith. Dalam hal ini dari 6 iterasi atau tahapan yang ada waktu proses pekerjaan minimum didapat pada mesin kedua ( $t_{i,2}$ ). Karena waktu pekerjaan minimum terdapat pada mesin kedua ( $t_{i,2}$ ) urutan pekerjaan untuk masing-masing iterasi diurutkan berdasarkan waktu proses terpanjang. Oleh karena itu, urutan penjadwalan yang didapat dengan menggunakan metode Cambell Dudeck Smith Menghasilkan dua alternatif urutan *job* yakni urutan J4-J1-J2-J3 yang didapat dari iterasi ke-1, ke-2 dan ke-4 sedangkan dengan urutan J4-J1-J3-J2 didapat dari iterasi ke-3, ke-5 dan ke-6. Dan urutan J4-J1-J2-J3 menghasilkan *makespan* lebih kecil yakni sebesar 425,19 jam dibandingkan *makespan* yang dihasilkan dengan urutan J4-J1-J3-J2 yakni sebesar 425,28 jam. *Makespan* yang dihasilkan berdasarkan metode perusahaan dapat dilihat di Gambar 5.4 berikut ini:



Gambar 5.4 Gantt Chart Metode Algoritma Cambell Dudeck Smith

## 5.5 Analisis Perbandingan Metode Penjadwalan Untuk Menentukan Metode Terbaik

Setelah melakukan penjadwalan berdasarkan bab sebelumnya yaitu *First Come First served* (FCFS), Algoritma *Nawaz Ensore and Ham*, Algoritma Heuristik *Pour* dan Algoritma *Campbell Dudeck Smith*. Maka dapat diketahui perbandingan dari setiap metode. Metode-metode tersebut dikatakan terbaik apabila memiliki urutan pekerjaan dengan *makespan* minimum. Adapun urutan *job* dan *makespan* yang dihasilkan oleh setiap metode sebagai berikut:

Tabel 5.9 Urutan *Job* dan *Makespan* yang Dihasilkan Masing-Masing Metode

| Metode                                        | Urutan <i>Job</i> | <i>Makespan</i> (jam) | <i>Mean flow time</i> (jam) |
|-----------------------------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------|
| <i>First Come First Served</i>                | J1-J2-J3-J4       | 449,75                | 331,56                      |
| Algoritma <i>Nawaz Ensore and Ham</i> (NEH)   | J4-J1-J3-J2       | 425,28                | 352                         |
|                                               | J4-J1-J2-J3       | 425,19                | 351,75                      |
|                                               | J4-J2-J1-J3       | 425,19                | 348,87                      |
|                                               | J2-J4-J1-J3       | 425,64                | 337,33                      |
| Algoritma Heuristik <i>Pour</i>               | J4-J1-J3-J2       | 425,28                | 352                         |
| Algoritma <i>Campbell, Dudek, Smith</i> (CDS) | J4-J1-J2-J3       | 425,19                | 351,75                      |
|                                               | J4-J1-J3-J2       | 425,28                | 352                         |

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 5.9, dapat diketahui dari keempat metode yang ada yaitu metode *Fisrt Come First Served* (Perusahaan), metode NEH, Heursitik *Pour* dan NEH memiliki Urutan *job* dan mekaspan yang berbeda satu sama lain. Tetapi, pada metode NEH menghasilkan empat alternatif urutan *job*, dimana pada setiap urutan memiliki *mean flow time* yang berbeda dan menghasilkan nilai *makespan* yang berbeda, akan tetapi untuk terdapat dua urutan *job* yang berbeda menghasilkan *makespan* yang sama. Sedangkan metode Algoritma Heuristik *Pour* memiliki urutan *job*, *makespan* dan *mean flow time* yang sama dengan salah satu alternatif urutan *job*

pada metode NEH. Sama halnya dengan metode Algoritma Heuristik *Pour*, metode CDS pun menghasilkan dua alternatif urutan penjadwalan yang sama dengan metode NEH sehingga untuk hasil *makespan* dan *mean flow time* menghasilkan nilai yang sama.

Sehingga dari hasil analisis keseluruhan dapat diketahui metode dengan urutan dan *makespan* yang terbaik dalam menjadwalkan produksi adalah metode yang diusulkan yaitu metode NEH. Metode NEH dapat menurunkan *makespan* dari metode perusahaan dengan urutan *job* adalah J4-J2-J1-J3.

Dari hasil pengurutan *job* yang diperoleh pada metode awal perusahaan yaitu metode FCFS dihasilkan nilai *makespan* sebesar 449,75 jam. Untuk membandingkan antara metode usulan yang terbaik (metode algoritma *Nawaz, Ensore and Ham*) dengan metode yang digunakan perusahaan maka dibandingkan berdasarkan parameter *Efficiency Index* (EI) dan *Relative Error* (RE). Adapun perbandingan antara metode FCFS dan metode NEH adalah sebagai berikut:

$$EI = \frac{Fmax-fcfs}{Fmax-NEH} = \frac{449,75}{425,19} = 1,06 \text{ , Karena nilai } Efficiency Index \text{ yang dihasilkan } EI >$$

1 maka dapat dinyatakan metode Algoritma *Nawaz, Ensore and Ham* mempunyai *performance* yang lebih baik dibandingkan dengan metode FCFS yang dipergunakan perusahaan tersebut.

$$RE = \frac{Fmax fcfs - Fmax NEH}{Fmax fcfs} \times 100\% = \frac{449,75 - 425,19}{449,75} = 5,78\%, \text{ maka besarnya selisih}$$

yang diperoleh kedua metode adalah sebesar 5,78%.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dibahas kesimpulan yang didapat dari hasil analisis dan pembahasan dari bab sebelumnya. Sehingga dapat diketahui secara lebih ringkas tentang metode penjadwalan NEH, Heuristik *Pour* dan CDS sebagai usulan untuk perusahaan. Dari kesimpulan tersebut dapat memberikan saran sebagai perbaikan terhadap sistem penjadwalan didalam perusahaan PT Braja Mukti Cakra. Kesimpulan dan saran tersebut adalah sebagai berikut:

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil analisis dan pembahasan tentang metode yang dipakai perusahaan *First Come First Serviced* dengan metode usulan yaitu NEH, Heuristik *Pour* dan CDS adalah sebagai berikut:

1. Pada kondisi awal perusahaan menggunakan metode *First Come First* menghasilkan urutan *job* yaitu J1-J2-J3-J4. Untuk metode NEH menghasilkan empat alternatif urutan penjadwalan yaitu J4-J1-J3-J2, J4-J1-J2-J3, J4-J2-J1-J3 dan J2-J4-J1-J3. Untuk metode Heuristik *Pour* menghasilkan urutan penjadwalan yaitu J4-J1-J3-J2. Dan untuk metode CDS menghasilkan dua alternatif urutan penjadwalan yaitu J4-J1-J2-J3 dan J4-J1-J3-J2.
2. Metode yang digunakan perusahaan saat ini adalah metode *First Come First Served* (FCFS) dengan urutan J1-J2-J3-J4 menghasilkan *makespan* dan *mean flow time* sebesar 449,75 jam dan 331,56 jam . Dilihat dari hasil analisis dan pembahasan maka metode terbaik untuk usulan penjadwalan pada PT Braja Mukti Cakra adalah metode Algoritma *Nawaz, Enscore and Ham* (NEH). Karena metode tersebut menghasilkan nilai *makespan* dan *mean flow time* terkecil dibandingkan dengan dengan metode Algoritma *Heuristic Pour* dan Algoritma *Cambell Dudeck Smith* (CDS). *Makespan* dan *mean flow time* metode NEH sebesar 425,19 jam dan 348,87 jam dengan urutan pekerjaan J4-J2-J1-J3.

Adanya penurunan *makespan* sebesar 24 ,76 jam atau dalam persentase sebesar 5,78%.

## **6.2 Saran**

Untuk membantu perkembangan dan penjadwalan produksi perusahaan, maka penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Sebaiknya perusahaan memperhatikan urutan *job* terlebih dahulu sebelum melakukan penjadwalan produksi agar waktu yang dihasilkan untuk menyelesaikan semua *job* yang ada relatif lebih kecil.
2. Perusahaan sebaiknya harus melakukan sosialisasi tentang konsep dari metode usulan terbaik, sehingga divisi PPIC mampu memahami maksud dan tujuan dari penggunaan metode Algoritma *Nawaz, Ensore and Ham* (NEH). Tujuan dan maksud tersebut adalah untuk meminimasi *makespan* dengan urutan *job* terbaik. Perusahaan juga harus mempertimbangkan lamanya waktu proses yang diperlukan, sehingga dapat menghasilkan penjadwalan yang terbaik dengan menggunakan metode terbaik.
3. Perusahaan sebaiknya melakukan pemahaman terhadap metode lain dalam penjadwalan produksi, khususnya untuk divisi PPIC. Karena dengan memahami konsep penjadwalan produksi dari berbagai metode yang ada, bisa saja salah satu dari metode tersebut akan menghasilkan urutan pekerjaan yang optimal dimana akan menghasilkan *makespan* dan *mean flow time* yang terkecil.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baker, Kenneth R. 1974. *Introduction to Sequencing and Scheduling*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Gaspersz, Vincent. 2001. *Production Planning & Inventory Control Berdasarkan Pendekatan Sistem Terintegrasi MRP II dan JIT Menuju Manufakturing*. Penerbit Vincent Foundation dan PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Ginting, Rosnani. 2009. *Penjadwalan Mesin*. Edisi Pertama. Graha Ilmu. Yogyakarta
- Groover, M. P., 2005. Otomasi, Sistem Produksi, dan *Computer-Integrated Manufacturing*, Edisi Kedua, jilid 1. Alih bahasa oleh Gunarta, I. K. , Arthaya, B. Guna Widya, Surabaya.
- Hendro, Hendrastuti. dan Mulyadi. 2014. *Penjadwalan Produksi Tegal Keramik Untuk Meminimasi Makespan Menggunakan Metode Algoritma Heuristic Pour Dan Algoritma Nawaz Enscore and Ham (NEH)*. Sekolah Tinggi Manajemen Industri, Jakarta.
- Nasution, Arman Hakim, 2003. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Edisi Pertama. Penerbit Guna Widya. Surabaya
- Nasution, Arman Hakim. 2008. *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*, Edisi Pertama. Penerbit Guna Widya. Surabaya
- Sipper, Daniel dan Bulfin, Robert L, Jr. 1998. *Production Planning, Control and Integration*. McGraw-Hill. Singapore.
- Spiegel, Murray R. dan Larry J Stephens. 2007. *Schaum's Outlines of Theory and Problems of Statistics*, Third Edition. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Sutalaksana, Z Iftikar. 2006. *Teknik Tata Cara Kerja Edisi Kedua*. Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Bandung. Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Wignjosuebrotto, Sritomo. 2003. *Ergonomi, Studi Gerak Dan Waktu*. Edisi Pertama. Surabaya: Guna Widya.