

**OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN METODE  
ALGORITMA *TABU SEARCH* UNTUK MEMINIMASI  
*MAKESPAN* PADA LINI PERAKITAN *PLUG CAP*  
DI PT NGK BUSI INDONESIA**

**TUGAS AKHIR/SKRIPSI**

**Untuk Memenuhi Sebagian Syarat Penyelesaian Program Diploma IV  
Program Studi Teknik dan Manajemen Industri**

**OLEH :**

**NAMA : SITI INDRIYANI**

**NIM : 1112043**



**POLITEKNIK STMI JAKARTA  
d.h. SEKOLAH TINGGI MANAJEMEN INDUSTRI  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.  
JAKARTA  
2016**

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**

**TANDA PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING**

**JUDUL TUGAS AKHIR : “OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI  
DENGAN METODE ALGORITMA *TABU*  
*SEARCH* UNTUK MEMINIMASI  
*MAKESPAN* PADA LINI PERAKITAN  
*PLUG CAP* DI PT NGK BUSI INDONESIA”**

**DISUSUN OLEH :**  
**NAMA : SITI INDRIYANI**  
**NIM : 1112043**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK DAN MANAJEMEN INDUSTRI**

**Telah Diperiksa dan Disetujui Untuk Diajukan dan Dipertahankan Dalam  
Ujian Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta.**

**Menyetujui,  
Jakarta, 24 Juni 2016  
Dosen Pembimbing**

**Dr. Hendrastuti Hendro, MT**  
**NIP : 195410301989032001**

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**JUDUL TUGAS AKHIR : “OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI  
DENGAN METODE ALGORITMA *TABU  
SEARCH* UNTUK MEMINIMASI  
*MAKESPAN* PADA LINI PERAKITAN  
*PLUG CAP* DI PT NGK BUSI INDONESIA”**

**DISUSUN OLEH :**  
**NAMA : SITI INDRIYANI**  
**NIM : 1112043**  
**PROGRAM STUDI : TEKNIK DAN MANAJEMEN INDUSTRI**

**Telah Diuji oleh Tim Penguji Sidang Ujian Tugas Akhir Politeknik STMI  
Jakarta pada Hari Rabu Tanggal 14 September 2016.**

**Jakarta, Oktober 2016**

**Dosen Penguji 1,**

**Dosen Penguji 2,**

**Ir. Suriadi AS, MCom**  
**NIP: 195810251985031006**

**Irma Agustiningsih I., ST, MT**  
**NIP: 197208012003122002**

**Dosen Penguji 3,**

**Dosen Penguji 4,**

**Dr. Hendrastuti Hendro, MT**  
**NIP : 195410301989032001**

**Dewi Auditiva Marizka, ST, MT**  
**NIP: 197503182001122003**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Siti Indriyani

NIM : 1112043

Berstatus sebagai mahasiswa jurusan Program Studi Teknik dan Manajemen Industri di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI, dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang telah saya buat dengan judul **“OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN METODE ALGORITMA *TABU SEARCH* UNTUK MEMINIMASI *MAKESPAN* PADA LINI PERAKITAN *PLUG CAP* DI PT NGK BUSI INDONESIA”**

- **Dibuat** dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, assistensi dengan dosen pembimbing maupun asisten dosen pembimbing, serta buku-buku maupun jurnal-jurnal ilmiah yang menjadi bahan acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.
- **Bukan** merupakan hasil duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai sebelumnya untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali yang telah disebutkan sumbernya dan dicantumkan pada referensi karya Tugas Akhir ini.
- **Bukan** merupakan karya tulis hasil terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi karya Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan diatas, maka saya bersedia menerima sanksi atas apa yang telah saya lakukan sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Jakarta, 24 Juni 2016  
Yang Membuat Pernyataan

Siti Indriyani

## ABSTRAK

PT NGK Busi Indonesia merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri otomotif dalam pembuatan produk busi (*Spark Plug*) dan tutup busi (*Plug Cap*). Permasalahan yang dihadapi perusahaan dalam proses penyusunan penjadwalan adalah terbatasnya waktu untuk menyelesaikan proses produksi yang harus sesuai dengan waktu penyerahan yang diminta oleh konsumen karena perusahaan mengalami kendala berupa aliran produksi yang terhambat. Hal ini menyebabkan penumpukan barang setengah jadi (*work in process*) dan waktu penyelesaian seluruh *job* (*makespan*) menjadi lebih lama. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi letak stasiun kendala (*bottleneck*) dengan menggunakan pendekatan *Theory Of Constraints* kemudian dilanjutkan penjadwalan awal menggunakan *Shifting Bottleneck* dan penjadwalan akhir menggunakan Algoritma *Tabu Search*. *Tabu Search* merupakan suatu pendekatan heuristik dalam pencarian solusi berdasarkan pada metode optimasi, dimana algoritma ini menggunakan daftar *tabu* dan iterasi lokal untuk tercapainya solusi yang mendekati terbaik. Pada penelitian ini terdapat 5 *job* yang dikerjakan di 7 stasiun kerja pada lini perakitan *Plug Cap* dengan *job* 1 tipe LD05FTGK, *job* 2 tipe ND05FGA, *job* 3 tipe SD05FEK, *job* 4 tipe LD05FTIK dan *job* 5 tipe LZFH. Hasil perhitungan dengan pendekatan *Theory Of Constraints* dan *Shifting Bottleneck*, letak stasiun kerja kendala berada pada stasiun kerja 6 (pemasangan *rubber*) dengan nilai *varians* sebesar 8.679,03 menit, persentase beban 117,74% dan keterlambatan sebesar 3.477,79 menit. Hasil penjadwalan produksi yang diperoleh melalui Algoritma *Tabu Search* setelah dilakukan 10 iterasi menghasilkan *makespan* sebesar 62.993,79 menit (1.049,90 jam) dengan urutan *job* 2-5-3-1-4. Nilai *Efficiency Index* (EI) yaitu sebesar 1,01 ( $EI > 1$ ) sehingga penjadwalan menggunakan Algoritma *Tabu Search* memiliki performansi lebih baik dibandingkan dengan penjadwalan aktual perusahaan dan usulan penjadwalan dapat diterima. Nilai *Relative Error* (RE) menunjukkan bahwa penghematan *makespan* yang diperoleh dengan penerapan Algoritma *Tabu Search* sebesar 0,99% atau 626,64 menit (10,44 jam), minimasi *makespan* tersebut mengakibatkan waktu penyelesaian untuk seluruh *job* lebih cepat  $\pm 10$  jam. Oleh karena itu, Algoritma *Tabu Search* efektif dalam penyelesaian permasalahan optimalisasi.

Kata Kunci : *Plug Cap, Theory Of Constraints, Makespan, Shifting Bottleneck, Algoritma Tabu Search, Efficiency Index, Relative Error*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan judul, **“OPTIMASI PENJADWALAN PRODUKSI DENGAN METODE ALGORITMA *TABU SEARCH* UNTUK MEMINIMASI *MAKESPAN* PADA LINI PERAKITAN *PLUG CAP* DI PT NGK BUSI INDONESIA”**. Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan pemenuhan salah satu persyaratan akademis untuk menyelesaikan Program Diploma IV di Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, Program Studi Teknik dan Manajemen Industri (TMI). Tugas Akhir ini dimaksudkan agar mahasiswa dapat memahami masalah yang nyata pada perusahaan baik perusahaan industri maupun jasa serta mampu menerapkan ilmu yang sudah didapat di bangku kuliah. Penyusun menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, sangatlah sulit untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Terima kasih kepada kedua orang tua dan kakak-kakak penyusun yang menjadi sumber motivasi dan selalu berdoa untuk kemudahan dan kelancaran dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian Tugas Akhir ini, ucapan terima kasih penyusun sampaikan terutama pada:

- Bapak DR. Mustofa, ST, MT selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
- Bapak Muhamad Agus, ST, MT selaku Kaprodi Teknik dan Manajemen Industri.
- Ibu Dr. Hendrastuti H. Agoeng, MT selaku Dosen Pembimbing yang telah menyempatkan waktu dan tenaga untuk memberikan ilmu serta saran-saran dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
- Bapak Ir. Suriadi AS, MCom selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu membantu dan memotivasi penyusun.
- Bapak Dwi Agus Susila selaku *Senior Manager Production Engineering & Maintenance* PT NGK Busi Indonesia.
- Bapak Atik, Bapak Andi, Bapak Novi, Bapak Eko, Bapak Sugeng, Bapak Faid, Bapak Igun, Bapak Budi, dan Bapak Maul selaku *Production Engineer* serta Divisi *Assembling Plug Cap* dan *Production Planning* PT NGK Busi Indonesia

yang telah banyak membantu dalam berdiskusi dan memperoleh data yang penyusun butuhkan.

- Seluruh dosen Program Studi Teknik dan Manajemen Industri di Politeknik STMI Jakarta.
- Segenap staf administrasi dan perpustakaan Politeknik STMI Jakarta.
- Putri Apriyanti, Fransisca W, Irin Yosepha, Lita Khoeriyah, Febriani D, Sarah O, Hanny H, Ferissa J, Resti W, Dini A, Risa M, Intan NR, Armina H, teman-teman TMI IA02, Organisasi HMTMI dan seluruh angkatan 2012 yang telah memberi dukungan serta menjadi teman seperjuangan dalam menyelesaikan Program Diploma IV.
- Semua pihak yang memberikan kontribusi dalam penyusunan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penyusun sebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini jauh dari sempurna. Hal ini dikarenakan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari berbagai pihak guna perbaikan dan penyempurnaan Tugas Akhir ini. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun khususnya dan pembaca pada umumnya, serta dapat menjadi sebuah pembelajaran penelitian berikutnya dari sebuah proses akademik yang harus dilalui di kampus Politeknik STMI Jakarta itu sendiri maupun di luar kampus.

Jakarta, 24 Juni 2016

Penyusun

## DAFTAR ISI

Halaman

Halaman Judul	
Lembar Persetujuan Dosen Pembimbing	
Lembar Bimbingan Tugas Akhir	
Lembar Pernyataan Keaslian	
Lembar Pengesahan Sidang	
Abstrak	
Kata Pengantar .....	i
Daftar Isi.....	iii
Daftar Tabel .....	vii
Daftar Gambar.....	x
Daftar Lampiran .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Pembatasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Pengukuran Waktu Kerja .....	6
2.1.1 Melakukan Pengukuran Pendahuluan .....	7
2.1.2 Faktor Penyesuaian ( <i>Rating Factor</i> ) .....	8
2.1.3 Faktor Kelonggaran ( <i>Allowance</i> ) .....	10
2.1.4 Uji Statistik Data .....	12
2.2 Sistem Produksi.....	15
2.2.1 Jenis Sistem Produksi.....	15
2.3 <i>Theory of Constraints (TOC)</i> .....	18
2.4 Optimasi .....	22

2.5	Penjadwalan Produksi .....	22
2.5.1	Tujuan Penjadwalan Produksi .....	23
2.5.2	Klasifikasi Penjadwalan Produksi .....	23
2.5.3	Istilah Dalam Penjadwalan Produksi.....	26
2.5.4	Karakteristik dan Kendala Proses.....	27
2.5.5	Metode Pemecahan Masalah Penjadwalan.....	28
2.6	Metode <i>Shifting Bottleneck</i> .....	30
2.7	<i>Tabu Search</i> (TS) .....	32
2.7.1	Algoritma <i>Tabu Search</i> .....	32
2.8	Grafik <i>Gantt</i> ( <i>Gantt Chart</i> ) .....	36
2.9	<i>Efficiency Index</i> dan <i>Relative Error</i> .....	37

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1	Jenis dan Sumber Data .....	38
3.1.1	Jenis Data .....	38
3.1.2	Sumber Data .....	39
3.2	Metode Pengumpulan Data .....	39
3.3	Teknik Analisis .....	40
3.3.1	Studi Lapangan.....	40
3.3.2	Studi Pustaka .....	40
3.3.3	Perumusan Masalah.....	40
3.3.4	Tujuan Penelitian.....	40
3.3.5	Pengumpulan Data .....	40
3.3.6	Pengolahan Data.....	41
3.3.7	Analisis dan Pembahasan .....	41
3.3.8	Kesimpulan dan Saran.....	41

### **BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA**

4.1	Pengumpulan Data .....	46
4.1.1	Sejarah Perusahaan.....	46
4.1.2	Sasaran Mutu Perusahaan.....	47
4.1.3	Struktur Organisasi dan Uraian Jabatan .....	48

4.1.4	Aliran Proses Produksi <i>Plug Cap</i> .....	54
4.1.5	Produk dan Data Pesanan <i>Plug Cap</i> .....	54
4.1.6	<i>Lay Out</i> Lini Perakitan <i>Plug Cap</i> .....	55
4.1.7	Peraturan Kerja .....	57
4.1.8	Pengukuran Waktu Siklus Tiap <i>Job</i> .....	59
4.1.9	Waktu <i>Setup</i> Mesin .....	60
4.1.10	Waktu <i>Material Handling</i> .....	60
4.1.11	Faktor Penyesuaian ( <i>Rating Factor</i> ) .....	61
4.1.12	Faktor Kelonggaran ( <i>Allowance</i> ) .....	62
4.2	Pengolahan Data .....	63
4.2.1	Perhitungan Waktu Siklus (WS) .....	68
4.2.2	Uji Statistik .....	66
4.2.3	Perhitungan Waktu Normal (WN) dan Waktu Baku (WB) ..... 74	
4.2.4	Perhitungan Kapasitas yang Tersedia .....	76
4.2.5	Perhitungan Kapasitas yang Dibutuhkan .....	77
4.2.6	Penentuan Stasiun Kerja Kendala dan <i>Non</i> Kendala .....	79
4.2.7	Perhitungan Waktu Penyelesaian <i>Job</i> .....	80
4.2.8	Penjadwalan Awal .....	86
4.2.9	Algoritma <i>Tabu Search</i> .....	92
4.2.10	Perhitungan Nilai <i>Efficiency Index</i> .....	103
4.2.11	Perhitungan Nilai <i>Relative Error</i> .....	103

## **BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

5.1	Analisis Waktu Baku .....	104
5.2	Analisis Stasiun Kendala dan <i>Non</i> Kendala .....	104
5.3	Analisis Penjadwalan Aktual Perusahaan .....	105
5.4	Analisis Penjadwalan Awal (Metode <i>Shifting Bottleneck</i> ) .....	106
5.5	Analisis Penjadwalan Algoritma <i>Tabu Search</i> .....	106
5.6	Analisis Perbandingan <i>Makespan</i> Algoritma <i>Tabu Search</i> dengan Penjadwalan Aktual Perusahaan .....	107

**BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN**

6.1 Kesimpulan..... 109

6.2 Saran..... 109

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1	Faktor Penyesuaian Berdasarkan <i>Westing House Rating Factors</i> ..... 10
Tabel 2.2	Persentase Kelonggaran Berdasarkan Faktor Berpengaruh..... 11
Tabel 4.1	Sasaran Mutu PT NGK Busi Indonesia ..... 47
Tabel 4.2	<i>Plug Cap</i> PT NGK Busi Indonesia ..... 54
Tabel 4.3	Data Pesanan <i>Plug Cap</i> Bulan Oktober 2015 ..... 55
Tabel 4.4	Aliran Proses Perakitan Kelima Tipe <i>Plug Cap</i> yang Diamati di Lini Perakitan <i>Plug Cap</i> ..... 57
Tabel 4.5	Data Kebutuhan Operator dan Mesin di Lini Perakitan <i>Plug Cap</i> ..... 57
Tabel 4.6	Jam Kerja Karyawan PT NGK Busi Indonesia ..... 58
Tabel 4.7	Jam Kerja Bulan Oktober 2015 ..... 58
Tabel 4.8	Data Hasil Pengukuran Waktu Siklus di SK 1 pada <i>Plug Cap</i> Tipe LD05FTGK ..... 59
Tabel 4.9	Waktu <i>Setup</i> Tiap Mesin ..... 60
Tabel 4.10	Waktu <i>Material Handling</i> dari SK 6 ke SK 7 ..... 61
Tabel 4.11	Faktor Penyesuaian Operator Lini Perakitan <i>Plug Cap</i> ..... 61
Tabel 4.12	Faktor Kelonggaran Lini Perakitan <i>Plug Cap</i> ..... 62
Tabel 4.13	Waktu Siklus Elemen Kerja Penyusunan Body (1) di SK 1 pada <i>Plug Cap</i> Tipe LD05FTGK ..... 63
Tabel 4.14	Rekapitulasi Waktu Siklus Rata-rata Elemen Kerja Perakitan Kelima Tipe <i>Plug Cap</i> di Seluruh Stasiun Kerja ..... 64
Tabel 4.15	Uji Kecukupsn Data Elemen Kerja Penyusunan <i>Body</i> (1) di SK 1 pada <i>Plug Cap</i> tipe LD05FTGK ..... 66

Tabel 4.16	Rekapitulasi Semua Uji Statistik Seluruh Elemen Kerja Perakitan Kelima Tipe <i>Plug Cap</i> di Seluruh Stasiun Kerja pada Lini Perakitan <i>Plug Cap</i> .....	70
Tabel 4.17	Rekapitulasi Waktu Normal dan Waktu Baku Perakitan Kelima Tipe <i>Plug Cap</i> di Seluruh Stasiun Kerja.....	74
Tabel 4.18	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas Tersedia Setiap Stasiun Kerja Lini Perakitan <i>Plug Cap</i> .....	77
Tabel 4.19	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas Dibutuhkan Setiap Stasiun Kerja Lini Perakitan <i>Plug Cap</i> .....	78
Tabel 4.20	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Untuk Menentukan SK Kendala dan <i>Non</i> Kendala Setiap Stasiun Kerja Lini Perakitan <i>Plug Cap</i> .....	79
Tabel 4.21	Perhitungan Waktu Penyelesaian Seluruh <i>Job</i> di Lini Perakitan <i>Plug Cap</i> .....	81
Tabel 4.22	Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu Penyelesaian <i>Job</i> Setiap Stasiun Kerja di Lini Perakitan <i>Plug Cap</i> .....	84
Tabel 4.23	Perhitungan <i>Makespan</i> Aktual Penjadwalan Perusahaan .....	84
Tabel 4.24	<i>Makespan</i> Awal Untuk Masing-Masing <i>Job</i> .....	86
Tabel 4.25	Perhitungan Iterasi 1 pada SK1.....	87
Tabel 4.26	Perhitungan Iterasi 2 pada SK 2.....	88
Tabel 4.27	Perhitungan Nilai Keterlambatan SK 1.....	88
Tabel 4.28	Perhitungan Nilai Keterlambatan SK 2 .....	89
Tabel 4.29	Rekapitulasi Keterlambatan Tiap Stasiun Kerja.....	89
Tabel 4.30	Rekapitulasi Urutan Pekerjaan Setiap Stasiun Kerja dengan Metode <i>Shifting Bottleneck</i> .....	90
Tabel 4.31	Perhitungan <i>Makespan</i> Penjadwalan Awal Metode <i>Shifting Bottleneck</i> .....	90
Tabel 4.32	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 1 <i>Job</i> 1-3-4-2-5.....	93
Tabel 4.33	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 1 <i>Job</i> 4-1-3-2-5.....	93
Tabel 4.34	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 1 <i>Job</i> 2-1-4-3-5.....	94
Tabel 4.35	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 1 <i>Job</i> 5-1-4-2-3.....	94

Tabel 4.36	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 1 <i>Job</i> 3-4-1-2-5 .....	94
Tabel 4.37	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 1 <i>Job</i> 3-2-4-1-5 .....	95
Tabel 4.38	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 1 <i>Job</i> 3-5-4-2-1 .....	95
Tabel 4.39	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 1 <i>Job</i> 3-1-2-4-5 .....	95
Tabel 4.40	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 1 <i>Job</i> 3-1-5-2-4 .....	96
Tabel 4.41	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 1 <i>Job</i> 3-1-4-5-2 .....	96
Tabel 4.42	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 2 <i>Job</i> 1-3-2-4-5 .....	97
Tabel 4.43	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 2 <i>Job</i> 2-1-3-4-5 .....	97
Tabel 4.44	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 2 <i>Job</i> 4-1-2-3-5 .....	97
Tabel 4.45	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 2 <i>Job</i> 5-1-2-4-3 .....	98
Tabel 4.46	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 2 <i>Job</i> 3-2-1-4-5 .....	98
Tabel 4.47	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 2 <i>Job</i> 3-4-2-1-5 .....	98
Tabel 4.48	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 2 <i>Job</i> 3-5-2-4-1 .....	99
Tabel 4.49	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 2 <i>Job</i> 3-1-5-4-2 .....	99
Tabel 4.50	Perhitungan <i>Makespan</i> Iterasi 2 <i>Job</i> 3-1-2-5-4 .....	99
Tabel 4.51	Rekapitulasi Hasil Iterasi Perhitungan <i>Makespan</i> Penjadwalan Algoritma <i>Tabu Search</i> .....	100
Tabel 4.52	Perhitungan <i>Makespan</i> Terkecil Urutan <i>Job</i> 2-5-3-1-4 .....	101
Tabel 5.1	Perbandingan Algoritma <i>Tabu Search</i> Dengan Kondisi Awal Perusahaan .....	107



## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 <i>Input – Output</i> Sistem Produksi .....	15
Gambar 2.2 Gambaran Sistem Dorong .....	17
Gambar 2.3 Aliran Material dan <i>Signal</i> dalam Sistem Produksi Tarik .....	18
Gambar 2.4 Lima Langkah Fokus Dalam TOC .....	19
Gambar 2.5 Pola Aliran <i>Flowshop</i> Murni .....	24
Gambar 2.6 Pola Aliran <i>Flowshop</i> Umum .....	24
Gambar 2.7 Pola Aliran <i>Jobshop</i> .....	25
Gambar 2.8 Jenis <i>Gantt Chart</i> .....	36
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian .....	42
Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data .....	43
Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT NGK Busi Indonesia .....	49
Gambar 4.2 <i>Lay Out</i> Lini Perakitan <i>Plug Cap</i> .....	55
Gambar 4.3 Aliran Proses Perakitan <i>Plug Cap</i> .....	56
Gambar 4.4 Uji Kenormalan Data Elemen Kerja Penyusunan <i>Body</i> (1) SK1 Perakitan <i>Plug Cap</i> Tipe LD05FTGK .....	68
Gambar 4.5 Uji Keseragaman Data Elemen Kerja Penyusunan <i>Body</i> (1) SK1 Perakitan <i>Plug Cap</i> Tipe LD05FTGK .....	69
Gambar 4.6 <i>Gantt Chart</i> Penjadwalan Aktual Perusahaan .....	85
Gambar 4.7 <i>Graph G</i> Awal .....	86
Gambar 4.8 <i>Graph G</i> Iterasi 2 .....	88
Gambar 4.9 <i>Gantt Chart</i> Penjadwalan Awal Metode <i>Shifting Bottleneck</i> ...	91
Gambar 4.10 <i>Gantt Chart</i> Penjadwalan Metode Algoritma <i>Tabu Search</i> .....	102

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran A : Hasil Kelima Tipe Produk *Plug Cap*
- Lampiran B : Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus
- Lampiran C : Uji Statistik Data
- Lampiran D : Penjadwalan Awal Metode *Shifting Bottleneck*
- Lampiran E : Perhitungan *Makespan* Algoritma *Tabu Search*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Seiring perkembangan dalam bidang industri yang sangat cepat dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi mengakibatkan munculnya persaingan antar perusahaan. Perusahaan yang dapat bertahan dalam persaingan tersebut harus berusaha untuk mempertahankan atau menambah jumlah konsumennya. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah dengan meningkatkan volume produksi dan menyelesaikan pesanan sesuai dengan waktu yang telah disepakati. Perusahaan juga harus memperhatikan proses produksi agar berjalan secara optimal. Sebelum melakukan proses produksi, perusahaan tersebut sebaiknya membuat suatu penjadwalan.

Penjadwalan merupakan suatu kegiatan dalam hal melakukan pengurutan terhadap sejumlah operasi dan mengalokasikannya kedalam slot waktu tertentu tanpa melanggar batasan teknis dan keterbatasan kapasitas yang dimiliki. Suatu proses penjadwalan yang baik menjadi hal yang sangat penting. Hal ini dikarenakan dengan adanya penjadwalan yang baik akan dapat meningkatkan efektifitas serta efisiensi sistem produksi industri tersebut yang pada akhirnya akan mengurangi biaya produksi. Adapun tujuan dari penjadwalan produksi umumnya untuk mengoptimalkan dimensi tertentu, yaitu waktu penyelesaian seluruh *job* (*makespan*) dan waktu tunggu mesin (*machine idletime*).

PT NGK Busi Indonesia merupakan salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri otomotif dalam pembuatan produk busi (*Spark Plug*) dan tutup busi (*Plug Cap*). Permasalahan yang dihadapi perusahaan dalam proses penyusunan penjadwalan adalah terbatasnya waktu untuk menyelesaikan proses produksi yang harus sesuai dengan waktu penyerahan yang diminta oleh konsumen. Pengaturan dan perencanaan yang dilakukan perusahaan masih kurang tepat yang mengakibatkan stasiun kerja dalam lintasan produksi mempunyai kecepatan produksi yang berbeda. Pembagian tugas yang dilakukan pada masing-masing operator tidak merata sehingga terjadi penumpukan barang setengah jadi (*work in*

*process*) yang menyebabkan *bottleneck* di stasiun kerja. Hal ini mempengaruhi waktu total penyelesaian *job (makespan)* menjadi lebih lama sehingga adakalanya perusahaan harus memberikan alasan kepada konsumen karena pesanan yang diselesaikan melebihi waktu yang telah ditentukan.

Oleh karena itu, dibutuhkan suatu metode yang menghasilkan sebuah sistem penjadwalan yang lebih baik. Adanya metode penjadwalan yang lebih baik, diharapkan waktu penyelesaian produk (*makespan*) menjadi lebih singkat. Penyelesaian terhadap masalah ini dilakukan dengan menggunakan metode Algoritma *Tabu Search* yaitu suatu pendekatan heuristik dalam pencarian solusi berdasarkan pada metode optimasi, dimana algoritma ini menggunakan daftar *tabu* dan iterasi lokal untuk tercapainya solusi yang mendekati terbaik.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang masalah pada lini perakitan *Plug Cap* adalah terdapat *bottleneck* pada stasiun kerja yang menyebabkan terbatasnya waktu untuk menyelesaikan proses produksi dan tidak terpenuhinya target produksi, maka ditentukan perumusan masalah pada penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dimanakah letak stasiun kendala yang menyebabkan aliran produksi terhambat dan tidak terpenuhinya target produksi di lini perakitan *Plug Cap*?
2. Bagaimana kondisi aktual penjadwalan di lini perakitan *Plug Cap*?
3. Bagaimana merancang penjadwalan produksi yang optimal untuk mengurangi *makespan* di lini perakitan *Plug Cap*?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Dari perumusan masalah diatas, maka dapat ditentukan tujuan penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan letak stasiun kendala dengan menggunakan *Theory Of Constraints*.

2. Membandingkan *makespan* pada kondisi aktual perusahaan dengan *makespan* dari penjadwalan produksi menggunakan metode Algoritma *Tabu Search*.
3. Merancang penjadwalan dengan metode Algoritma *Tabu Search* yang dilanjutkan dengan menghitung nilai *Efficiency Index* (EI) dan *Relative Error* (RE).

#### **1.4 Pembatasan Masalah**

Mengingat luasnya bidang penelitian, keterbatasan kemampuan dan waktu yang tersedia, maka dalam penelitian tugas akhir ini dilakukan pembatasan sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di PT NGK Busi Indonesia bagian lini perakitan *Plug Cap* pada bulan Oktober 2015.
2. Fokus pembahasan adalah proses perakitan *Plug Cap*, dengan tipe produk yang dijadwalkan adalah 5 tipe *Plug Cap* yaitu: Tipe LD05FTGK, ND05FGA, SD05FEK, LD05FTIK dan LZFH.
3. Data waktu siklus yang digunakan diperoleh dari hasil pengukuran dan pengamatan langsung di lapangan.
4. Metode penjadwalan yang digunakan adalah metode *Shifting Bottleneck* dan Algoritma *Tabu Search*.
5. Penelitian ini tidak membahas mengenai biaya tenaga kerja, biaya material, biaya-biaya lainnya yang bersangkutan dengan pembahasan penelitian.
6. Operator, proses produksi, mesin dan peralatan bekerja dalam keadaan normal.
7. Waktu proses pemindahan bahan atau rakitan (*material handling*) sangat singkat dan tidak dapat diukur sehingga dapat diabaikan, terkecuali pada pemindahan rakitan dari stasiun kerja 6 ke stasiun kerja 7 yang menggunakan *belt conveyor*.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pihak-pihak yang terkait. Manfaat yang diharapkan pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pihak Perusahaan

Dapat memberikan masukan bagi perusahaan untuk memperoleh sistem penjadwalan yang lebih baik (mendekati optimal).

2. Pihak Peneliti

Penelitian ini bermanfaat bagi mahasiswa dalam rangka pengembangan pola pikir pengetahuan dari ilmu yang telah didapat selama kuliah, dalam kaitannya dengan sistem penjadwalan menggunakan metode Algoritma *Tabu Search*.

3. Pihak Lain

Diharapkan dapat menambah pengetahuan dan informasi untuk melakukan penelitian selanjutnya ke arah yang lebih baik.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini terdiri dari enam bab dengan perincian sebagai berikut:

### BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisikan latar belakang masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, pembatasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan tugas akhir.

### BAB II : LANDASAN TEORI

Bab ini berisikan berbagai teori yang relevan dan prinsip-prinsip penjadwalan serta metode yang digunakan untuk menjadi pedoman dalam memecahkan permasalahan yang akan dibahas, yaitu: Sistem Produksi, Penjadwalan Produksi, Metode *Shifting Bottleneck*, Algoritma *Tabu Search*, *Theory of Constraints* dan *Gantt Chart*.

### BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan mengenai pola pikir dan langkah-langkah penelitian yang dilakukan untuk dapat mencapai tujuan penelitian. Dalam metode ini terdapat diagram alir metodologi penelitian dan pengolahan data

untuk memecahkan masalah agar pembahasan dan penelitian yang dilakukan menjadi terarah.

#### BAB IV : PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisikan mengenai pengumpulan data yaitu data umum perusahaan meliputi sejarah perusahaan, sasaran mutu perusahaan, struktur organisasi dan uraian jabatan, aliran proses *Plug Cap*, data pesanan perusahaan, *layout* lini perakitan *Plug Cap*, peraturan kerja, pengumpulan data waktu siklus tiap *job*, waktu *setup* mesin, waktu *material handling*, faktor penyesuaian operator dan faktor kelonggaran. Selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk memperoleh waktu normal, waktu baku, waktu penyelesaian atau proses dari masing-masing stasiun kerja dan *makespan* aktual perusahaan. Metode *Shifting Bottleneck* digunakan sebagai solusi awal dalam penerapan penjadwalan Algoritma *Tabu Search*.

#### BAB V : ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan analisis dan pembahasan terhadap data yang telah diolah, yaitu: analisis waktu baku, analisis stasiun kendala dan *non* kendala, analisis penjadwalan aktual perusahaan, analisis penjadwalan awal, analisis Algoritma *Tabu Search*, analisis perbandingan *makespan* Algoritma *Tabu Search* dengan penjadwalan aktual perusahaan.

#### BAB VI : KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan penjelasan kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian yang telah dilakukan berdasarkan analisis dan pembahasan pada bab sebelumnya. Selain itu, memberikan saran-saran yang membangun sebagai perbaikan bagi perusahaan di masa yang akan datang.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

#### **2.1 Pengukuran Waktu Kerja**

Pengukuran waktu kerja menurut Wignjosoebroto (2006) adalah suatu aktivitas untuk menentukan waktu yang dibutuhkan oleh seorang operator terampil dalam melaksanakan sebuah kegiatan kerja, yang dilakukan dalam kondisi dan tempo kerja yang normal. Sedangkan menurut Sitalaksana, dkk (2006), pengukuran waktu kerja adalah pekerjaan mengamati dan mencatat waktu kerja dari setiap elemen ataupun siklus dengan menggunakan alat-alat yang telah disiapkan.

Menurut Sitalaksana, dkk (2006), pengukuran waktu kerja dilakukan terhadap beberapa alternatif sistem kerja yang terbaik diantaranya dilihat dari segi waktu, dicari sistem kerja yang membutuhkan waktu penyelesaian tersingkat. Dalam melakukan perancangan sistem kerja yang efektif dan efisien hal pokok yang diamati adalah segala hal yang berkaitan dengan prosedur-prosedur yang harus dilakukan dalam pelaksanaan kerja. Disini, hal-hal yang berhubungan dengan gerakan-gerakan kerja maupun metode kerja yang lebih sederhana dan mudah dilakukan harus terus dikembangkan dan diaplikasikan.

Pengukuran waktu ditujukan untuk mendapatkan waktu baku penyelesaian pekerjaan yaitu waktu yang dibutuhkan secara wajar oleh pekerja normal untuk menyelesaikan pekerjaan yang dijalankan dalam sistem terbaik. Tujuan pokok dari aktivitas ini berkaitan erat dengan usaha menetapkan waktu baku atau standar (*standard time*). Teknik pengukuran waktu dibagi menjadi pengukuran secara langsung dan pengukuran secara tidak langsung. Pengukuran secara langsung dilakukan di tempat dimana pekerjaan yang bersangkutan dijalankan, termasuk di dalamnya cara jam berhenti dan *sampling* pekerjaan. Untuk pengukuran waktu secara tidak langsung, perhitungan waktu dilakukan tanpa harus berada di tempat pekerjaan. Ini bisa dilakukan dengan membaca tabel-tabel yang menggambarkan elemen-elemen gerakan, termasuk didalamnya data waktu baku dan data waktu gerakan (Sitalaksana, dkk, 2006).

##### **2.1.1 Melakukan Pengukuran Pendahuluan**

Tujuan melakukan pengukuran pendahuluan adalah untuk mengetahui berapa kali pengukuran harus dilakukan untuk tingkat ketelitian dan keyakinan yang diinginkan.

Langkah-langkah pemrosesan hasil pengukuran (Wignjosoebroto, 2003), sebagai berikut:

1. Mengelompokkan hasil pengukuran kedalam sub grup dan hitung rata-ratanya.
2. Menghitung rata-rata dari harga rata-rata sub grup:

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum \bar{x}_i}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

$\bar{x}$  adalah harga rata-rata dari sub grup ke-i

$n$  adalah banyaknya sub grup yang terbentuk

3. Menghitung standar deviasi sebenarnya dari waktu penyelesaian

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^N (x_j - \bar{x})^2}{N-1}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

$N$  adalah banyaknya pengamatan pendahuluan yang telah dilakukan

$x_j$  adalah hasil pengukuran waktu

4. Menghitung standar deviasi dari distribusi harga rata-rata sub grup:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

$n$  adalah banyaknya pengamatan

5. Menghitung waktu baku (standar)

Cara untuk mendapatkan waktu baku dari data yang terkumpul adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan pengukuran waktu sejumlah  $N$  pengamatan untuk setiap siklus atau elemen kerja ( $X_1, X_2, \dots, X_n$ ) dan catat hasilnya.
- b. Menghitung waktu siklus (WS)  
Waktu siklus merupakan waktu proses dimana material diproses dari awal hingga menjadi barang setengah jadi maupun barang jadi.

Waktu siklus dirumuskan sebagai berikut:

$$WS = \frac{\sum x_i}{N} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

- WS = Waktu siklus
- $\sum x_i$  = Jumlah semua data pengamatan
- N = Banyaknya pengamatan

- c. Menetapkan *Rating Factor* (RF) operator yang bersangkutan untuk digunakan dalam perhitungan waktu normal (WN). Waktu normal adalah waktu yang menunjukkan bahwa seorang operator dikatakan berkualifikasi baik dalam bekerja untuk menyelesaikan pekerjaan pada kecepatan atau tempo kerja yang normal (Wignjosoebroto, 2003). Waktu normal dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$WN = WS \times \text{Rating Factor} \dots\dots\dots (2.5)$$

- d. Menetapkan faktor kelonggaran (*allowance factor*). Faktor kelonggaran diperlukan untuk mencakup interupsi/penundaan yang terjadi karena keperluan pribadi operator dan penundaan yang tidak bisa terjadi.
- e. Menghitung waktu baku (WB), dengan rumus berikut:

$$WB = WN \times (1 + \text{Allowance}) \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan demikian, waktu baku yang dipakai sebagai acuan dalam suatu proses produksi telah mengakomodasi rata-rata kemampuan operator serta toleransi waktu yang diperlukan untuk kepentingan pribadi dan masalah teknis yang timbul.

**2.1.2 Faktor Penyesuaian (*Rating Factor*)**

Kemungkinan besar bagian paling sulit didalam pelaksanaan pengukuran kerja adalah kegiatan evaluasi kecepatan atau tempo kerja operator pada saat pengukuran kerja berlangsung. Teknik atau cara untuk menilai atau mengevaluasi kecepatan kerja operator dikenal dengan “Faktor Penyesuaian (*Rating Factors*)”. Secara umum kegiatan faktor penyesuaian ini dapat didefinisikan sebagai cara

untuk menormalkan ketidaknormalan kerja yang dilakukan oleh pekerja pada saat *observasi* atau pengamatan dilakukan.

Dengan melakukan *rating* ini diharapkan waktu kerja yang diukur bisa dinormalkan kembali. Ketidaknormalan dari waktu kerja ini diakibatkan oleh operator yang bekerja secara kurang wajar yaitu bekerja dalam tempo atau kecepatan yang tidak sebagaimana mestinya pada saat pengamatan dilakukan. Untuk menormalkan waktu kerja yang diperoleh dari hasil pengamatan, maka penyesuaian ini pun dilakukan. Faktor penyesuaian diperlukan untuk penyesuaian waktu yang diperoleh dari pengamatan terhadap satu orang pekerja menjadi waktu normal yang berlaku bagi seluruh pekerja. Faktor penyesuaian rata-rata pekerja sebesar 100%. Pekerja yang memiliki keterampilan atau kecakapan lebih dari rata-rata pekerja lain akan memiliki tingkat *rating factor* di atas 100%. Sebaliknya pekerja yang memiliki keterampilan atau kecakapan dibawah rata-rata memiliki tingkat *rating factor* di bawah 100%. Ada beberapa cara dalam menentukan faktor penyesuaian bagi seorang pekerja. Dalam penelitian tugas akhir ini, salah satu teknik faktor penyesuaian yang digunakan adalah dengan menggunakan *Westing House System of Rating*.

*Westing House System of Rating* ini pertama kali dikenalkan oleh *Westing House Company* (1927) yang memperkenalkan sebuah sistem *rating* yang merupakan penyempurnaan dari sistem *rating* sebelumnya. Dimana dalam sistem ini selain kemampuan (*skill*) dan usaha (*effort*) yang telah ada sebelumnya, *westing house* juga menambahkan kondisi kerja (*condition*) dan konsistensi (*consistency*) dari operator dalam melakukan kerja. *Westing house* telah berhasil membuat sebuah tabel penyesuaian yang berisikan nilai-nilai yang didasarkan pada tingkatan yang ada untuk masing-masing faktor tersebut. Dalam menormalkan waktu yang ada maka hal ini dilakukan dengan mengalikan waktu yang diperoleh dari waktu pengukuran kerja dengan jumlah keempat *rating factor* yang dipilih sesuai dengan *performance* yang ditunjukkan oleh operator. Tabel dari faktor penyesuaian tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Faktor Penyesuaian Berdasarkan *Westing House Rating Factors*

<b>WESTING HOUSE RATING FACTORS</b>					
<b>SKILL</b>			<b>EFFORT</b>		
<i>Super Skill</i>	A1	0,15	<i>Excessive</i>	A1	0,13
	A2	0,13		A2	0,12
<i>Excellent</i>	B1	0,11	<i>Excellent</i>	B1	0,1
	B2	0,08		B2	0,08
<i>Good</i>	C1	0,06	<i>Good</i>	C1	0,05
	C2	0,03		C2	0,02
<i>Average</i>	D	0	<i>Average</i>	D	0
<i>Fair</i>	E1	-0,05	<i>Fair</i>	E1	-0,04
	E2	-0,1		E2	-0,08
<i>Poor</i>	F1	-0,16	<i>Poor</i>	F1	-0,12
	F2	-0,22		F2	-0,17
<b>CONDITION</b>			<b>CONSISTENCY</b>		
<i>Ideal</i>	A	0,06	<i>Perfect</i>	A	0,04
<i>Excellent</i>	B	0,04	<i>Excellent</i>	B	0,03
<i>Good</i>	C	0,02	<i>Good</i>	C	0,01
<i>Average</i>	D	0	<i>Average</i>	D	0
<i>Fair</i>	E	-0,03	<i>Fair</i>	E	-0,02
<i>Poor</i>	F	-0,07	<i>Poor</i>	F	-0,04

(Sumber: Sutamaksana dkk, 1979)

### 2.1.3 Faktor Kelonggaran (*Allowance*)

Dalam pengamatan akan dihadapkan pada keadaan bahwa tidaklah mungkin seorang operator mampu bekerja secara terus menerus sepanjang hari tanpa adanya interupsi sama sekali. Terkadang operator akan sering menghentikan kerja dan membutuhkan waktu-waktu khusus untuk berbagai keperluan seperti *personal needs*, istirahat menghilangkan rasa lelah, dan hambatan-hambatan lain yang tak terhindarkan.

Faktor kelonggaran merupakan bentuk waktu tambahan yang diberikan sebagai kompensasi bagi pekerja atas berbagai keperluan, keterlambatan dan kerugian yang dilakukan oleh operator. Faktor kelonggaran ini bisa diklasifikasikan menjadi *personal allowance*, *delay allowance*, dan *fatigue allowance*. Dalam menilai seberapa besar faktor kelonggaran yang diberikan, digunakan tabel

persentase kelonggaran berdasarkan faktor yang berpengaruh yang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Persentase Kelonggaran Berdasarkan Faktor Berpengaruh

FAKTOR		KELONGGARAN	
		(%)	
<b>KEBUTUHAN PRIBADI</b>			
1	Pria	0 – 2,5	
2	Wanita	2 – 5,0	
<b>KEADAAN LINGKUNGAN</b>			
1	Bersih, Sehat, Tidak Bising	0	
2	Siklus Kerja Berulang - Ulang Antara 5 - 10 Detik	0 – 1	
3	Siklus Kerja Berulang - Ulang Antara 0 - 5 Detik	1 – 3	
4	Sangat Bising	0 – 5	
5	Ada Faktor Penurunan Kualitas	0 – 5	
6	Ada Getaran Lantai	5 – 10	
7	Keadaan Yang Luar Biasa	5 – 10	
<b>TENAGA YANG DIKELUARKAN</b>		<b>PRIA</b>	<b>WANITA</b>
1	Dapat Diabaikan	Tanpa Beban	
2	Sangat Ringan	0–2,25 Kg	0-6
3	Ringan	2,25 - 9 Kg	6–7,5
4	Sedang	9-18 Kg	7,5-12
5	Berat	18-27 Kg	12-19
6	Sangat Berat	27-50 Kg	19-30
7	Luar Biasa Berat	> 50 Kg	30-50
<b>SIKAP KERJA</b>			
1	Duduk	0–1	
2	Berdiri Di Atas Dua Kaki	1–2,5	
3	Berdiri Di Atas Satu Kaki	2,5–4	
4	Berbaring	2,5–4	
5	Membungkuk	4–10	
<b>GERAKAN KERJA</b>			
1	Normal	0	
2	Agak Terbatas	0–5	
3	Sulit	0–5	
4	Anggota Badan Terbatas	5–10	
5	Seluruh Badan Terbatas	10–15	

Lanjutan...

Tabel 2.2 Persentase Kelonggaran Berdasarkan Faktor Berpengaruh (Lanjutan)

FAKTOR		KELONGGARAN	
		(%)	
KELELAHAN MATA		TERANG	BURUK
1	Pandangan Terputus	0	1
2	Pandangan Terus Menerus	2	2
3	Pandangan Terus Menerus Dengan Faktor Berubah – Ubah	2	5
4	Pandangan Terus Menerus Dengan Fokus Tetap	4	8
TEMPERATUR TEMPAT KERJA ( C )		NORMAL	LEMBAB
1	Beku	> 10	> 12
2	Rendah	10-0	12-5
3	Sedang	5-0	8-0
4	Normal	0-5	0-8
5	Tinggi	5-40	8-100
6	Sangat Tinggi	>40	>100

(Sumber: Satalaksana dkk, 1979)

#### 2.1.4 Uji Statistik Data

Waktu siklus adalah data waktu yang diperoleh berdasarkan pengamatan langsung mengenai waktu yang diperlukan untuk melakukan suatu pekerjaan. Data ini kemudian perlu diolah lebih lanjut dengan uji statistik yaitu menggunakan uji kenormalan data, uji kecukupan data dan uji keseragaman data. Sebelum melakukan uji statistik, pengukur menentukan tingkat ketelitian dan keyakinan yang digunakan. Tingkat ketelitian dan tingkat keyakinan adalah suatu pencerminan tingkat kepastian yang diinginkan pengukur setelah memutuskan tidak akan melakukan pengukuran yang sangat banyak dimana pengukuran yang sangat banyak akan memakan waktu dan biaya yang sangat besar. Tingkat ketelitian adalah suatu tingkat berupa persentase tertentu yang menunjukkan penyimpanan maksimum hasil pengukuran dari waktu penyelesaian yang sebenarnya. Sedangkan yang dimaksud dengan tingkat keyakinan adalah menunjukkan seberapa besar keyakinan pengukur bahwa hasil yang diperoleh memenuhi syarat ketelitian tadi (Satalaksana, dkk, 2006). Dalam penelitian ini, digunakan tingkat ketelitian 10%

dan keyakinan 95%. Ini berarti rata-rata hasil pengukuran dibolehkan menyimpang sejauh 10% dari rata-rata sebenarnya, dan kemungkinan berhasil mendapatkan hal ini adalah 95%. Berikut tahapan dalam melakukan uji statistik data, antara lain:

1. Pengujian Data Waktu Siklus

Pengujian data waktu siklus terdiri dari tiga langkah yaitu uji kecukupan, kenormalan, dan keseragaman data.

a. Uji Kecukupan Data

Pengujian kecukupan data digunakan untuk memastikan bahwa data yang telah dikumpulkan adalah cukup secara objektif. Jumlah pengukuran dikatakan cukup apabila jumlah pengukuran yang dilakukan lebih besar atau sama dengan jumlah pengukuran teoritis. Jika setelah dilakukan perhitungan secara statistik ternyata data yang diperoleh belum mencukupi, maka harus dilakukan penambahan data kembali. Langkah-langkah dalam melaksanakan perhitungan uji kecukupan data adalah sebagai berikut (Sutalaksana, dkk, 2006):

- 1) Menguji kecukupan data dengan menghitung berapa besar nilai  $N'$  (dimana pada pengamatan kali ini tingkat kepercayaan yang digunakan sebesar 95% dan tingkat ketelitian sebesar 10%) menggunakan rumus berikut:

$$N' = \left[ \frac{20 \sqrt{N(\sum Xi^2) - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2 \dots\dots\dots (2.7)$$

- 2) Untuk mengetahui apakah data yang didapatkan sudah mencukupi atau belum dapat diketahui dengan cara membandingkan nilai  $N'$  dengan  $N$  dengan ketentuan sebagai berikut:
  - a) Jika  $N' < N$ : Data dinyatakan sudah cukup.
  - b) Jika  $N' > N$ : Data dinyatakan belum cukup, sehingga harus ditambah lagi.

b. Uji Kenormalan Data

Dalam uji kenormalan data ini menggunakan program komputer *Minitab* 16 dan metode yang digunakan adalah *Kolmogorov-Smirnov*.

Dasar pengambilan keputusan adalah besaran probabilitas:

- 1) Jika probabilitas  $> 0,10$ , maka  $H_0$  diterima (data berdistribusi normal).
- 2) Jika probabilitas  $< 0,10$ , maka  $H_0$  ditolak (data tidak berdistribusi normal). ..... (2.8)

Suatu data yang membentuk distribusi normal bila jumlah data diatas dan dibawah rata-rata adalah sama, demikian juga simpangan bakunya (Sugiyono, 2010).

c. Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data yang diperoleh itu masuk kedalam batas kontrol atau diluar batas kontrol dengan menggunakan Peta Kendali  $\bar{x}$  dan R. Langkah-langkah dalam pengujian keseragaman data adalah (Sutalaksana, dkk, 2006):

- 1) Menentukan jumlah hasil data keseluruhan yang diperoleh dari pengumpulan data lapangan.
- 2) Mencari nilai  $\bar{x}$  dengan rumus:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \dots\dots\dots (2.9)$$

- 3) Menghitung standar deviasi dari waktu sebenarnya dengan rumus:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \dots\dots\dots (2.10)$$

Mencari Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB) dengan cara sebagai berikut:

$$BKA = \bar{x} + 2 \sigma_x \dots\dots\dots (2.11)$$

$$BKB = \bar{x} - 2 \sigma_x \dots\dots\dots (2.12)$$

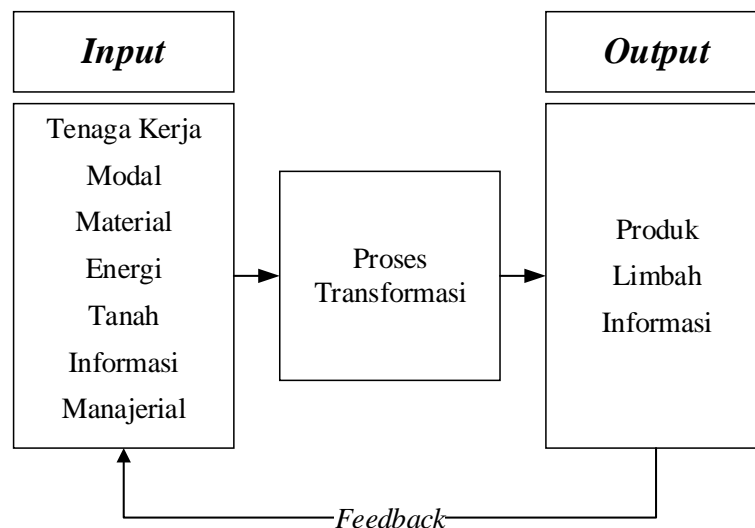
- 4) Memindahkan data yang telah diperoleh kedalam bentuk grafik dengan batas-batas kontrol yang telah ditetapkan.

Apabila data-data yang diperoleh tersebut terdapat data yang berada diluar batas kontrol maka data tersebut harus dihilangkan

dan dilakukan perhitungan kembali karena menyebabkan data tidak seragam.

## 2.2 Sistem Produksi

Produksi dalam pengertian sederhana adalah keseluruhan proses dan operasi yang dilakukan untuk menghasilkan produk atau jasa. Sistem produksi merupakan kumpulan dari sub sistem yang saling berinteraksi dengan tujuan mentransformasi *input* produksi menjadi *output* produksi. *Input* produksi ini dapat berupa bahan baku, mesin, tenaga kerja, modal dan informasi. Sedangkan *output* produksi merupakan produk yang dihasilkan berikut sampingannya seperti limbah, informasi, dan sebagainya (Ginting, 2007). Sistem produksi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 *Input – Output* Sistem Produksi  
(Sumber: Ginting, 2007)

Sistem produksi melakukan evaluasi terhadap *output* melalui umpan balik (*feedback*) dengan suatu mekanisme pengendalian untuk menghasilkan perbaikan berkesinambungan. Pengendalian sistem produksi dilakukan sebelum proses, saat proses dan setelah proses, sehingga hasil akhir diketahui dan diharapkan pengendalian ini meningkatkan pemanfaatan sumber daya secara efisien dan efektif serta menghasilkan perbaikan dalam kualitas produk yang dihasilkan.

### 2.2.1 Jenis Sistem Produksi

Sistem produksi terdiri dari beberapa kegiatan yang mentransformasikan material menjadi sebuah produk. Rangkaian kegiatan ini akan mengalir hingga mencapai proses terakhir. Menurut Sipper dan Bulfin (1997), sistem produksi dibagi menjadi dua yaitu sistem dorong (*push system*) dan sistem tarik (*pull system*).

1. Sistem Dorong (*Push System*)

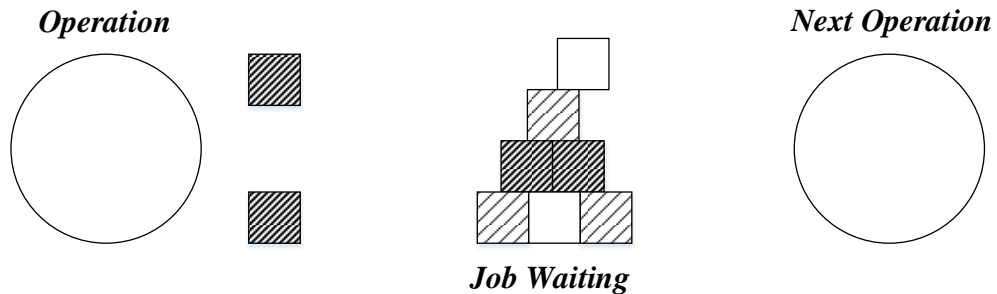
Pada sistem dorong, perpindahan material dan pembuatan produk dilakukan dengan cara mendorong material, dari satu proses ke proses berikutnya. Dimulai dari proses paling awal menuju proses paling akhir. Sekali beroperasi, pekerjaan akan mengalir terus dari satu proses ke proses berikutnya tanpa mempertimbangkan bagaimana dan apa yang akan terjadi pada proses paling akhir. Aktivitas ini akan berlangsung terus menerus meskipun proses-proses sesudahnya (*subsequent process*) tidak menggunakan jumlah material pada tingkat yang sama dengan material yang didorong dari proses sebelumnya (*preceding process*).

Dalam sistem dorong selalu memiliki persediaan, baik berupa persediaan bahan baku, barang dalam proses, maupun barang jadi. Sebelum diproses, perusahaan memiliki persediaan bahan baku di gudang. Setelah selesai diproses, produk jadi disimpan di dalam gudang sampai ada pembeli. Alasan diperlukannya persediaan ini adalah untuk:

- a. Memenuhi permintaan pelanggan
- b. Menghindari masalah apabila terjadi penghentian atau kerusakan fasilitas pemanufakturan
- c. Memanfaatkan potongan tunai dan rabat (potongan pembelian) pada jumlah pembelian yang besar
- d. Mengantisipasi kenaikan harga di masa yang akan datang

Pada *push system* terdapat penganggaran terhadap tingkat kerusakan (*defect*) tertentu dan umpan balik yang berkaitan dengan barang yang rusak tersebut. Namun penganggaran hanya disajikan pada akhir periode produksi. Masalah yang timbul adalah diperlukannya investasi yang cukup besar untuk menyediakan tempat guna menyimpan sediaan serta diperlukan tenaga untuk menjaga barang yang disimpan” (Nicholas, 1998).

Penggambaran aliran material dalam sistem dorong dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Gambaran Sistem Dorong  
(Sumber: Nicholas, 1998)

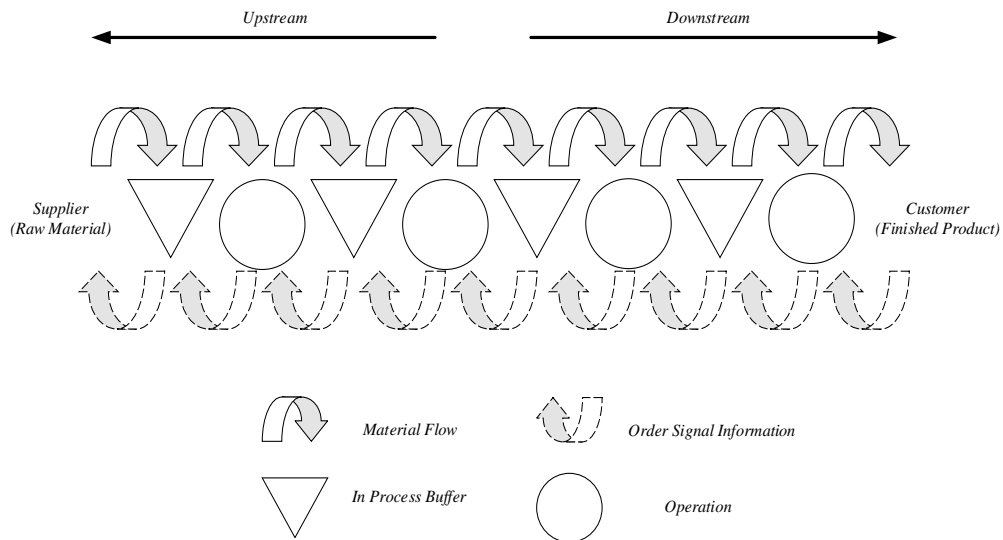
Sistem dorong terus melakukan pengerjaan tanpa tahu yang terjadi pada proses berikutnya (Sipper dan Bulfin, 1997). Oleh karena itu, kelemahan dari sistem ini adalah "Apabila perusahaan menggunakan *push system*, sekali sistem itu beroperasi, akan sangat sulit untuk menghentikan proses karena dinamika dari sistem itu. Pekerja yang terlibat dalam sistem dorong akan tidak bereaksi secara cepat terhadap perubahan-perubahan dalam permintaan suatu *part*" (Gaspersz, 2004).

## 2. Sistem Tarik (*Pull System*)

Sistem tarik dilakukan berdasarkan jumlah permintaan pelanggan. Sistem tarik merupakan suatu sistem pengendalian produksi, dimana proses paling akhir dijadikan sebagai titik awal produksi. Inti dari sistem tarik adalah melakukan proses *upstream* hanya ketika terdapat permintaan dari proses *downstream* (Sipper dan Bulfin, 1997). Proses sesudah akan meminta atau menarik material dari proses sebelumnya berdasarkan pada kebutuhan aktual dari proses sesudah tersebut. Suatu proses produksi hanya memproduksi apabila dipicu oleh proses berikutnya.

Dalam sistem tarik, persediaan pada *stock point* dibuat seminimal mungkin, dengan membawa persediaan dalam *lot* atau kontainer berukuran standar dan dengan membatasi jumlah kontainer tersebut. Pada sistem ini terdapat sedikit persediaan (secara relatif) dan bila fluktuasi permintaan tidak tinggi maka jumlah yang disimpan pada *stock point* cukup untuk memenuhi permintaan dalam bentuk sederhana. Jumlah persediaan adalah satu dari

beberapa informasi yang dibutuhkan untuk dapat mengatur sistem tersebut. Penggambaran dari aliran material dan *signal* didalam sistem produksi tarik dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Aliran Material dan *Signal* dalam Sistem Produksi Tarik  
(Sumber: Nicholas, 1998)

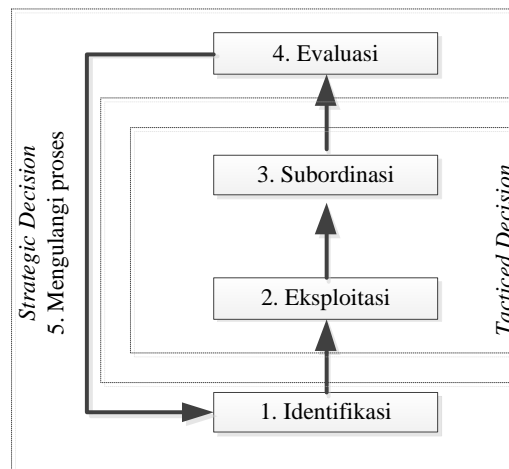
*Buffer* adalah sejumlah kecil material dalam kontainer yang disimpan didalam stasiun kerja dengan tujuan untuk mengimbangi tingkat permintaan yang ada, dengan setiap *buffer* terdiri dari sejumlah kontainer yang telah ditentukan. Sistem produksi ini bertujuan untuk menghilangkan persediaan atau produksi tanpa stok. Sistem produksi tarik ini juga dikenal dengan *Just In Time* (Nicholas, 1998).

### 2.3 *Theory Of Constraints (TOC)*

Filsafat manajemen yang dikembangkan oleh Goldratt (1990), menerangkan mengenai kekuatan rantai, proses, atau sistem bergantung pada *link* yang paling lemah. *Theory of constraints* sistemik dan berusaha untuk mengidentifikasi kendala untuk sistem. Dasar dari TOC adalah kendala (*constraint/bottleneck*) merupakan dasar untuk penjadwalan dan perencanaan kapasitas. *Constraint* didefinisikan sebagai segala sesuatu yang membatasi sistem untuk mendapatkan performansi terbaik. Suatu kendala membatasi performansi dari suatu sistem, sehingga semua upaya setidaknya diupayakan untuk memaksimalkan

performansi dari kendala tersebut. Sumber daya dibedakan menjadi dua, yaitu sumber daya kendala yang dijadwalkan untuk memaksimalkan utilitas dan sumber daya non-kendala yang dijadwalkan untuk mendukung sumber daya kendala. Artinya dalam beberapa kasus non-kendala bisa menjadi mengganggu (Sipper dan Bulfin, 1997).

Goldratt (1990) menggambarkan lima langkah fokus dalam TOC yang dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Lima Langkah Fokus Dalam TOC  
(Sumber: Goldratt, 1990)

Kelima langkah TOC dalam upaya memperbaiki setiap elemen dari sistem dijelaskan sebagai berikut:

1. Identifikasi kendala sistem (*identifying the constraint*). Mencari bagian sistem manakah yang paling lemah kemudian melihat kelemahannya apakah kelemahan fisik atau kebijakan.
2. Eksploitasi kendala (*exploiting the constraint*). Mencari cara untuk menghilangkan atau mengelola kendala yang ada dengan biaya yang paling rendah.
3. Subordinasi sumber lainnya (*subordinating the remaining resources*). Setelah menemukan konstrain dan telah diputuskan bagaimana mengelola konstrain tersebut maka harus mengevaluasi apakah kendala tersebut masih menjadi kendala pada performansi sistem atau tidak. Jika

tidak maka akan menuju ke langkah kelima, tetapi jika ya maka akan menuju langkah keempat.

4. Evaluasi kendala (*Elevating the constraint*). Jika langkah ini dilakukan, maka langkah kedua dan ketiga tidak berhasil menangani kendala maka harus ada perubahan besar dalam sistem, seperti reorganisasi, perbaikan modal, atau modifikasi substansi sistem.
5. Mengulangi proses keseluruhan (*repeating the process*). Jika langkah ketiga dan keempat telah berhasil dilakukan maka akan mengulangi lagi dari langkah pertama. Proses ini akan berputar sebagai siklus yang mungkin akan menimbulkan kendala baru.

Kemampuan pabrik manufaktur adalah kuantitas produksi yang dapat dicapai untuk suatu periode waktu yang diberikan. Batasan kuantitas ini yang disebut dengan kapasitas pabrik atau kapasitas produksi. Kapasitas produksi didefinisikan sebagai laju keluaran (*output*) maksimum per periode yang mampu dihasilkan oleh suatu fasilitas produksi (atau lini produksi, pusat pengerjaan, atau sejumlah pusat pengerjaan) dalam sejumlah kondisi operasi yang telah diasumsikan (Groover, 1987).

Kondisi operasi menunjukkan jumlah *shift* per minggu, jam per *shift*, tingkat keberadaan tenaga kerja langsung di depan mesin dalam pabrik dan kondisi sejenis sebagaimana rancangan operasi pabrik tersebut. Faktor-faktor tersebut yang mewakili *input* bagi pabrik manufaktur. Jumlah jam beroperasinya pabrik dalam suatu periode waktu juga menjadi masalah yang sangat kritis dalam mendefinisikan kapasitas pabrik. Pada perakitan mobil, kapasitas didefinisikan dengan satu atau dua *shift*.

Dalam usaha peningkatan kapasitas produksi mencapai maksimum, maka perlu diketahui batasan serta hambatan yang mempengaruhinya. Salah satu hambatan yang erat kaitannya adalah timbulnya kendala (*bottleneck*) pada lantai produksi. Kendala dalam sistem penjadwalan produksi merupakan suatu sumber daya terbatas yang terdapat pada sistem sehingga dapat mempengaruhi penjadwalan produksi (Sipper dan Bulfin, 1997). Menurut Gaspersz (2004), kendala adalah suatu kondisi dimana suatu operasi atau fasilitas membatasi atau menghambat *output*

dalam satu lini produksi. Sedangkan menurut Groover (1987), stasiun kerja kendala adalah stasiun kerja yang memiliki nilai *service time* yang paling besar dibandingkan stasiun kerja lainnya dalam satu lini produksi.

Dari definisi diatas dapat disimpulkan bahwa stasiun kerja kendala merupakan stasiun kendala yang membatasi sistem dalam pencapaian tingkat *output* yang maksimum, dikarenakan memiliki kapasitas yang tidak bisa mencukupi permintaan yang masuk dan menghambat stasiun kerja lainnya.

Jika suatu sistem memiliki stasiun kendala maka secara alami stasiun kendala ini menjadi titik pengendali sistem secara menyeluruh (Fogarty, dkk, 1991). Salah satu cara untuk mengidentifikasi stasiun kerja kendala yaitu dengan membandingkan kapasitas yang tersedia dengan kapasitas yang dibutuhkan di setiap stasiun kerja. Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Menentukan Kapasitas Tersedia (*Capacity Available/CA*)

Kapasitas yang tersedia diperoleh dari total waktu kerja efektif perusahaan/pabrik. Oleh karena itu waktu kerja efektif adalah waktu kerja yang telah ditetapkan oleh perusahaan, biasanya disebut dengan *shift* yang terdiri dari sejumlah jam kerja. Rumus untuk menghitung kapasitas tersedia (Fogarty, dkk, 1991) dapat dilihat di bawah ini:

$$\text{Kapasitas Tersedia} = \text{Waktu Tersedia} \times \text{Utilitas} \times \text{Efisiensi} \dots\dots\dots (2.13)$$

Waktu tersedia diperoleh dengan mengalikan total jam kerja selama periode satu bulan dengan jumlah operator pada stasiun kerja tertentu. Utilitas merupakan variabel acak karena sebuah mesin dapat saja *idle* karena rusak, pekerja absen, atau karena tidak ada pekerjaan yang dilakukan. Efisiensi adalah bilangan acak karena kemampuan antar pekerja tidak dapat disamaratakan (Kusuma, 2009). Tingkat efisiensi akan sangat bergantung pada keahlian/keterampilan pekerjanya.

2. Menentukan Kapasitas Dibutuhkan (*Capacity Requirement/CR*)

Kapasitas yang dibutuhkan dapat dihitung apabila diketahui waktu pengerjaan produk pada stasiun kerja tertentu atau disebut juga waktu baku (WB). Rumus untuk menghitung kapasitas yang dibutuhkan produk k pada stasiun kerja i untuk periode j (Fogarty, dkk, 1991) yaitu:

$$\text{Kapabilitas Dibutuhkan} = \sum_{k=1}^n a_{ik} x b_{kj} \text{ untuk semua } i, j \dots\dots\dots (2.14)$$

Keterangan:

$a_{ik}$  = Waktu pengerjaan produk k pada stasiun kerja i

$b_{kj}$  = Jumlah produk k yang akan dijadwalkan pada periode j

### 3. Penentuan Stasiun Kerja Kendala dan *Non* Kendala

Langkah-langkah perbaikan yang diterapkan TOC, ditekankan pada pemusatan perhatian pada stasiun kendala (*constraint*) dan stasiun *non* kendala (*non constraint*) akan mengikuti stasiun kendala. Hal ini akan mempermudah proses penjadwalan karena cukup hanya menjadwalkan stasiun kendala sementara stasiun lain akan menyesuaikan.

Setelah diketahui letak stasiun kendala, masalah berikut yang timbul adalah bagaimana mengalokasikan pengerjaan dari perencanaan tersebut pada lantai produksi mengingat adanya keterbatasan sumber daya yang dimiliki.

## 2.4 Optimasi

Optimasi adalah proses pencarian satu atau lebih penyelesaian layak (*feasible*) yang berhubungan dengan nilai-nilai ekstrim dari satu atau lebih nilai objektif pada suatu masalah sampai tidak terdapat solusi ekstrim lain yang dapat ditemukan (Berlianty dan Miftahol, 2010). Optimasi memegang peranan penting dalam mendesain suatu sistem. Melalui optimasi, suatu sistem dapat mengeluarkan biaya yang lebih murah, mendapatkan keuntungan yang lebih tinggi, mempersingkat waktu proses dan optimalisasi yang lain.

## 2.5 Penjadwalan Produksi

Penjadwalan adalah proses pengurutan pembuatan produk secara menyeluruh pada sejumlah mesin tertentu dan pengurutan didefinisikan sebagai proses pembuatan produk pada satu mesin dalam jangka waktu tertentu (Nicholas, 1998). Penjadwalan produksi mencakup tahapan *loading*, *sequencing*, dan *detailed scheduling*. Pada tahap *loading*, setiap *job* ditentukan prosesnya, kemudian beban (*load*) setiap mesin ditentukan melalui pekerjaan yang harus diproses, dan

ditentukan urutan pengerjaan *job* yang dikenal dengan *sequencing*. Melalui penjadwalan secara mendetail maka diatur waktu mulai dan selesainya.

### **2.5.1 Tujuan Penjadwalan Produksi**

Penjadwalan Produksi memiliki beberapa tujuan, namun tujuan tersebut dapat saling berkontradiksi. Oleh karena itu, upaya pengoptimasian penjadwalan sangat diperlukan. Adapun tujuan penjadwalan produksi (Bedworth dan Bailey 1987) antara lain:

1. Memenuhi waktu pesanan.
2. Meminimumkan waktu *setup*, waktu *work in process*, dan *idle time*.
3. Menghasilkan tingkat kegunaan mesin atau pekerja yang tinggi.
4. Menetapkan informasi pekerjaan yang cepat.
5. Meminimumkan biaya produksi dan tenaga kerja.

Masalah penjadwalan senantiasa melibatkan pengerjaan sejumlah komponen yang sering disebut dengan istilah *job*. *Job* sendiri masih merupakan komposisi dari sejumlah elemen-elemen dasar yang disebut dengan aktivitas atau operasi. Tiap aktivitas atau operasi ini membutuhkan alokasi atau sumber daya tertentu selama periode waktu tertentu yang sering disebut dengan waktu proses. Selain itu, sumber daya yang dimaksud juga meliputi elemen-elemen lain seperti mesin, transportasi, waktu, dsb (Ginting, 2009).

### **2.5.2 Klasifikasi Penjadwalan Produksi**

Model penjadwalan produksi ada bermacam-macam, dimana masing-masing model penggunaannya disesuaikan dengan situasi dan kondisi yang ada pada masing-masing perusahaan. Beberapa model penjadwalan produksi menurut Pinedo (1995) dapat diklasifikasikan menjadi empat klasifikasi, sebagai berikut:

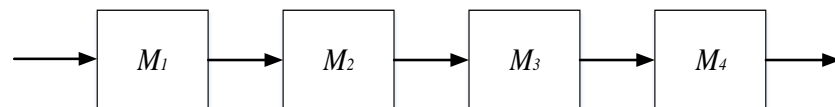
1. Berdasarkan Mesin yang Digunakan
  - a. Penjadwalan *n job* pada mesin tunggal.
  - b. Penjadwalan *n job* pada *m* mesin yang disusun secara seri.
  - c. Penjadwalan *n job* pada *m* mesin yang disusun secara parallel.
2. Berdasarkan Pola Aliran Proses
  - a. Penjadwalan *Flowshop*

Penjadwalan *flowshop* merupakan model penjadwalan dimana *job-job* yang akan diproses seluruhnya mengalir pada arah atau jalur produk yang sama. Susunan suatu proses produksi jenis *flow shop* dapat diterapkan dengan tepat untuk produk-produk dengan desain yang stabil dan diproduksi dalam jumlah banyak (Pinedo, 1995).

Penjadwalan *flowshop* dicirikan oleh adanya aliran kerja yang satu arah dan tertentu. Pada dasarnya ada dua macam pola *flowshop* yaitu (Pinedo, 1995):

1) *Flowshop Murni (Pure Flowshop)*

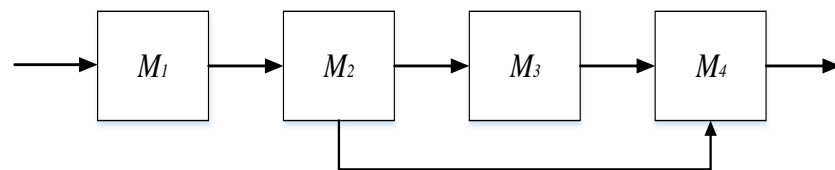
Kondisi dimana sebuah *job* diharuskan menjalani satu kali proses untuk tiap-tiap tahapan proses. Misalnya, masing-masing *job* melalui mesin 1, kemudian mesin 2, mesin 3 dan seterusnya sampai dengan mesin pada proses yang paling akhir. Pola aliran *flowshop* murni dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Pola Aliran *Flowshop* Murni  
(Sumber: Pinedo, 1995)

2) *Flowshop Umum (General Flowshop)*

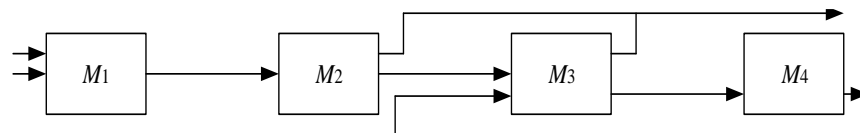
Kondisi dimana sebuah *job* boleh melalui seluruh mesin produksi, dimana mulai awal sampai dengan yang terakhir. Selain itu sebuah *job* boleh melalui beberapa mesin tertentu, yang mana mesin tersebut masih berdekatan dengan mesin-mesin lainnya dan masih satu arah lintasannya. Pola aliran *flowshop* umum dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pola Aliran *Flowshop* Umum  
(Sumber: Pinedo, 1995)

b. Penjadwalan *Jobshop*

Karakteristik dari aliran proses *job shop* yaitu: volume produksi tiap jenis produk sedikit, variasi produk banyak, lama proses produksi tiap produk berbeda, dan tidak ada lintasan produksi khusus. Setiap pekerjaan memiliki rute aliran masing-masing (rute tertentu) dan berbeda antara *job* yang satu dengan yang lain, dan setiap *job* tersebut dapat melalui mesin yang sama lebih dari satu kali. Pola aliran *jobshop* dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Pola Aliran *Jobshop*  
(Sumber: Pinedo, 1995)

3. Berdasarkan Pola Kedatangan:

a. Penjadwalan Statis

Semua *job* datang bersamaan dan semua fasilitas ada pada saat kedatangan *job* dan siap untuk dikerjakan.

b. Penjadwalan Dinamis

*Job* datang secara acak selama dilakukan penjadwalan.

4. Berdasarkan Strategi yang Digunakan:

a. *Backward Scheduling* (Penjadwalan Mundur)

Pada *backward scheduling*, pekerjaan yang berada pada proses akhir dibebankan pada pusat kerja urutan terakhir dengan mempertimbangkan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan ini. Waktu penyelesaian yang harus ditetapkan adalah tepat pada, dan bukan sebelum, waktu penyerahan yang disepakati dengan pemesan. Pekerjaan pada urutan kedua terakhir kemudian dibebankan kepada pusat kerja dengan menetapkan bahwa pekerjaan tersebut akan selesai segera sebelum pekerjaan urutan terakhir (yang sudah dibebankan terlebih dahulu) akan dimulai (Pardede, 2005). Penggunaan *backward scheduling* mengasumsikan

bahwa *finished date* (waktu penyelesaian produk) diketahui dan *start date* diinginkan. *Backward Scheduling* merupakan implementasi dari sistem tarik (*pull system*), sistem tarik adalah suatu sistem pengendalian produksi dimana proses paling akhir dijadikan sebagai titik awal produksi. Dengan demikian rencana produksi yang dikehendaki dan dengan jumlah serta tanggal yang telah ditentukan, diberikan kepada proses paling akhir atau pada kasus ini stasiun kendala. Penjadwalan dapat ditempuh dengan meng-komunikasikan (*rope*) jadwal sebagai aliran umpan balik informasi (*information feedback*).

b. *Forward Scheduling* (Penjadwalan Maju)

Pada *forward scheduling*, pekerjaan pada urutan pertama dibebankan kepada pusat kerja yang mempunyai waktu luang paling awal dengan mempertimbangkan jumlah waktu yang dibutuhkan untuk penyelesaian pekerjaan serta daya kerja operasi yang dimiliki pusat kerja, sehingga dapat ditentukan kapan pekerjaan tersebut dapat diselesaikan. Perencana harus menganggap bahwa pekerjaan itu dibutuhkan segera mungkin oleh pemesan (Pardede, 2005). Tujuan pendekatan *forward scheduling* adalah menjadwalkan suatu produk apabila titik waktu mulai telah ditentukan dan tidak diberikan batas waktu penyelesaian keseluruhan produk yang direncanakan. *Forward scheduling* merupakan bagian dari *push system* yaitu bahan baku dialirkan ke proses selanjutnya tanpa mempertimbangkan bagaimana dan apa yang akan terjadi pada proses paling akhir.

### 2.5.3 Istilah Dalam Penjadwalan Produksi

Berikut istilah-istilah beserta notasinya yang digunakan dalam penjadwalan (Pinedo dan Chao, 1999):

1. Setiap *Job i*  $\{i=1,2,\dots,n\}$  yang akan dijadwalkan pada *j* mesin  $\{j=1,2,\dots,m\}$ . Proses pengerjaan *job i* pada mesin *j* disebut dengan operasi *O<sub>ij</sub>*.
2. Waktu proses (*processing time*), *p<sub>ij</sub>*, yaitu lamanya waktu yang harus dihabiskan *job i* di mesin *j* untuk memproses operasi *O<sub>ij</sub>*.

3. Waktu tenggat (*due date*),  $d_i$ , adalah batas waktu penyelesaian *job i* yang telah ditentukan. Apabila penyelesaian *job* diluar waktu ini, maka akan dikenakan penalti pada *job* tersebut.
4. Waktu siap (*release date*),  $r_i$ , adalah waktu ketika *job i* masuk ke sistem, yaitu waktu paling awal *job i* bisa mulai diproses. Biasanya  $r_i = 0$ . Waktu mulai (*start time*),  $s_{ij}$ , adalah waktu mulai diprosesnya *job i* dimesin  $j$ .
5. Waktu penyelesaian (*completion time*),  $C_{ij}$ , adalah waktu penyelesaian pemrosesan *job i* pada mesin  $j$ .
6. *Makespan* biasanya dilambangkan dengan  $C_{max}$ , yaitu waktu pengerjaan seluruh *job*.
7. Keterlambatan (*lateness*),  $L_i = C_i - d_i$ , adalah selisih antara waktu penyelesaian *job i* dengan waktu tenggatnya. *Lateness* baru dapat dihitung setelah *job i* selesai menjalani semua proses, dan dapat bernilai negatif, nol, atau positif.
8. Keterlambatan positif (*tardiness*),  $T_i = \max(L_i, 0)$ , adalah besarnya keterlambatan penyelesaian *job i*.
9. Keterlambatan negatif (*earliness*),  $T_i = \min(L_i, 0)$ , adalah besarnya keterlambatan penyelesaian *job i*.

#### 2.5.4 Karakteristik dan Kendala Proses

Kendala penjadwalan produksi menurut Pinedo dan Chao (1999), dijabarkan sebagai berikut:

1. Kendala *precedence*  
Kendala ini terjadi ketika suatu *job* baru dapat mulai diproses setelah satu atau sekumpulan *job* lainnya telah selesai diproses.
2. Kendala biaya dan waktu *setup* yang berdasarkan pada urutan *job*.
3. *Preemption*  
*Preemption* berarti jika proses produksi sedang berlangsung maka dapat dihentikan dan digantikan dengan mengerjakan *job* yang baru datang. Keadaan ini biasanya dikarenakan *job* yang diprioritaskan rendah dapat disela prosesnya oleh *job* yang diprioritaskan tinggi.

#### 4. Kendala mesin dan pekerja

Dalam lingkungan mesin paralel, karakteristik mesin yang digunakan harus sama. Jika tidak sama, maka akan mengganggu proses produksi. Selain itu, umur mesin juga mempengaruhi kapasitas produksi yang dihasilkan. Sedangkan kendala pekerja berkaitan dengan penjadwalan jam kerja operator.

### 2.5.5 Metode Pemecahan Masalah Penjadwalan

Menurut Fogarty, dkk (1991), metode penjadwalan produksi dapat diselesaikan menggunakan metode heuristik yang terdiri dari dua jenis, yaitu:

#### 1. Tipe Heuristik Klasik

Algoritma ini menyusun satu per satu solusi dari masalah penjadwalan. Mulai dari nol, algoritma ini memilih mesin-mesin atau *job-job* atau operasi-operasi mana yang harus dijadwalkan terlebih dahulu. Penjadwalan dengan pendekatan *heuristic* menggunakan aturan pengurutan atau *priority dispatching*.

*Priority dispatching* adalah suatu aturan penjadwalan yang mengatur *job* pada suatu antrian *job* di suatu mesin yang harus diproses terlebih dahulu berdasarkan prioritas-prioritas tertentu. Pada saat suatu mesin telah selesai memproses satu *job*, maka berdasarkan *priority dispatching* dipilih satu *job* yang memiliki prioritas tertinggi untuk selanjutnya diproses pada mesin tersebut. Penentuan prioritas bergantung pada tujuan yang ingin dicapai. Berikut ini beberapa aturan yang merupakan *basic priority dispatching*. (Fogarty, dkk, 1991), yaitu:

##### a. *Earliest Due Date* (EDD)

Aturan penjadwalan ini memberikan prioritas tertinggi pada *job* dengan *due date* (batas waktu penyelesaian) terpendek. *Job* yang memiliki *due date* paling awal diantara *job-job* lainnya dipilih sebagai *job* yang memiliki prioritas paling tinggi untuk diproses pada sebuah mesin yang berguna untuk mengurangi maksimum *lateness*.

##### b. *Minimum Slack* (MS)

Memilih pekerjaan dengan waktu *slack* yang paling minimum. Aturan ini berguna untuk meminimasi *due date* dari objek yang terlihat.

c. *Short Processing Time (SPT)*

Prioritas tertinggi diberikan pada operasi dengan waktu proses terpendek, aturan ini biasa digunakan untuk meminimasi WIP, rata-rata keterlambatan (*mean lateness*) dan waktu penyelesaian rata-rata (*mean flow time*) produk.

d. *Longest Processing Time (LPT)*

Proses pengerjaan *job* berdasarkan *job* yang memiliki waktu proses terpanjang yang dipilih terlebih dahulu.

e. *First Come First Served (FCFS)*

Aturan penjadwalan dilakukan berdasarkan waktu kedatangan *job* atau pesanan pelanggan. Jadi, *job* yang pertama kali datang akan dikerjakan terlebih dahulu dan begitu seterusnya untuk *job-job* berikutnya.

2. Tipe Heuristik Modern (Meta-Heuristik)

Algoritma meta-heuristik memecahkan masalah penjadwalan produksi dengan melakukan perbaikan mulai dengan satu atau lebih solusi awal. Terdapat empat algoritma meta-heuristik yang dapat digunakan dalam memecahkan masalah penjadwalan, yaitu:

a. *Simulted Annealing*

Ide dasar *Simulted Annealing* mengadopsi dari konsep penurunan suhu pada proses pendinginan logam. Jadi apakah suatu solusi itu dapat diterima atau tidak tergantung dari besar probabilitas yang dimiliki solusi tersebut.

b. *Tabu Search*

*Tabu search* merupakan metode optimasi yang menggunakan *short term memory* untuk menjaga agar proses pencarian tidak terjebak pada nilai optima lokal (*local optima*). Metode ini menggunakan *tabu list* untuk menyimpan sekumpulan solusi yang baru saja dievaluasi. Selama proses optimasi pada setiap iterasi, solusi yang akan dievaluasi akan dicocokkan terlebih dahulu dengan isi *tabu list* untuk melihat apakah

solusi tersebut sudah ada pada *tabu list*. Apabila sudah ada, maka solusi tersebut tidak akan dievaluasi lagi. Keadaan ini terus berulang sampai tidak ditemukan lagi solusi yang tidak terdapat dalam *tabu list*. Solusi yang menghasilkan nilai *makespan* paling minimum yang berada dalam *tabu list* adalah solusi yang optimum.

c. *Algoritma Genetika*

*Algoritma genetika* dimodelkan berdasarkan proses alami, yaitu model seleksi alam oleh Darwin sedemikian rupa hingga kualitas individu akan sangat kompatibel dengan lingkungan (dalam hal ini kendala permasalahan). *Algoritma genetika* memberikan suatu alternatif untuk proses penentuan nilai parameter dengan meniru cara reproduksi *genetika*. Teknik pencarian dilakukan sekaligus atas sejumlah solusi yang mungkin dan disebut dengan populasi. Setiap individu adalah sebuah solusi unik dan populasi adalah satu himpunan solusi pada setiap tahapan iterasi. Jadi, *algoritma genetika* bekerja untuk mencari struktur individu berkualitas tinggi yang terdapat dalam populasi.

d. *Algoritma Differential Evolution* (Algoritma Evolusi Diferensial)

*Algoritma Differential Evolution* merupakan metode meta-heuristik akhir yang merupakan versi pengembangan dari algoritma genetika. Prinsip pada metode ini adalah berdasarkan analogi evolusi biologi yang terdiri dari proses penginisiasian populasi, proses mutasi, proses penyilangan dan proses penyeleksian. Keunggulan algoritma ini adalah berstruktur sederhana, mudah dalam pengimplementasian, cepat dalam mencapai solusi dan bersifat tangguh.

## 2.6 Metode *Shifting Bottleneck*

Metode *Shifting Bottleneck* adalah salah satu metode penjadwalan *heuristic* yang memusatkan penelitian pada stasiun kerja kendala (*constraint*) yang menggunakan prinsip-prinsip dasar *Theory Of Constraints*. Metode ini cukup hanya mencari jadwal yang sesuai untuk kendala sehingga dapat meningkatkan utilisasi stasiun kendala, yaitu mengurangi adanya *work in process* (WIP) di stasiun kendala.

Berdasarkan urutan *job* yang telah dijadwalkan di stasiun kendala, maka perlu ditentukan saat *release* setiap *job* ke lantai produksi. Ketepatan saat *release* setiap *job* ke lantai produksi menentukan ketepatan *job* tersebut tiba di stasiun kendala sehingga jalannya proses produksi dapat berjalan dengan lancar tanpa adanya penumpukan WIP di stasiun kerja. Hal ini disesuaikan dengan *synchronous manufacturing* yang merupakan contoh penerapan konsep *Shifting Bottleneck* dalam suatu penjadwalan (Adam dan Ebert, 1992)

Langkah-langkah penerapan penjadwalan dengan menggunakan metode *Shifting Bottleneck* dapat diringkas sebagai berikut:

Step 1: Inisialisasi

- a. Mengidentifikasi mesin yang akan dijadwalkan  $M_0 = \emptyset$ .
- b. Membuat *graph* G.
- c. Menghitung waktu yang dibutuhkan untuk membuat *job* ( $C_j$ ), lalu menentukan waktu yang terlama sebagai *makespan* ( $C_{\max}$ ).

Step 2: Menganalisis mesin atau stasiun kerja untuk dijadwalkan

- a. Memperkirakan waktu siap ( $r_j$ ).
- b. Menghitung kelambatan dari masing-masing mesin (L).

Step 3: Menyeleksi yang terlambat dan menjadwalkan

- a. Perhitungkan mesin yang memiliki kelambatan terbesar atau terlama (L).
- b. Jadwalkan mesin yang memiliki kelambatan maksimum ( $L_{\max}$ ).
- c. Cantumkan lintasan mesin yang telah dijadwalkan pada *graph* G.

Step 4: Menjadwalkan keseluruhan mesin atau stasiun kerja yang belum terjadwal

- a. Memperkirakan waktu siap ( $r_j$ ).
- b. Melakukan penjadwalan pada mesin yang belum terjadwalkan.

Step 5: Penjadwalan selesai

Lakukan penjadwalan sampai jumlah mesin yang dijadwalkan = jumlah mesin yang ada.

Notasi-notasi yang digunakan dalam melakukan penjadwalan dengan menggunakan metode *Shifting Bottleneck*, yaitu:

1. Waktu proses ( $p_{ij}$ ), waktu yang dibutuhkan untuk memproses *job*  $i$  di mesin atau urutan proses  $j$ .
2. Waktu siap/ *ready time* ( $r_{ij}$ ), waktu *ready time* untuk *job*  $i$  yang akan diproses pada mesin atau urutan proses  $j$ .
3. Batas waktu/ *due date* ( $d_{ij}$ ), batas waktu dari waktu untuk memproses *job*  $i$  pada mesin atau urutan proses  $j$ .
4. Waktu selesai ( $C^*$ ), waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *job*  $i$  pada mesin atau urutan proses  $j$ .
5. Waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan *job*  $i$  ( $CP$ ).
6. Lintasan terpanjang ( $LB$ ).
7. Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan berdasarkan urutan yang dapat dibentuk untuk masing-masing mesin ( $C_j$ ).
8. Keterlambatan masing-masing kemungkinan urutan yang terbentuk ( $L$ ).
9. Keterlambatan minimum untuk masing-masing kemungkinan urutan yang terbentuk pada mesin  $j$  ( $L_{\min}$ ).
10. Keterlambatan maksimum untuk masing-masing kemungkinan urutan yang terbentuk pada mesin  $j$  ( $L_{\max}$ ).

## 2.7 *Tabu Search* (TS)

*Tabu search* merupakan suatu strategi pemecahan permasalahan optimasi kombinatorial pertama kali diperkenalkan oleh Fred Glover 1998. Metode ini merupakan salah satu metode pemecahan masalah optimasi kombinatorial yang termasuk dalam metode *local search*. Metode ini mencoba untuk mengatasi kekurangan yang terdapat pada metode klasik yang kurang cocok untuk digunakan pada permasalahan yang tergolong kedalam *NP-hard* (Glover, 1998).

Kata *Tabu* atau *Taboo* berarti suatu hal yang dilarang untuk dilakukan karena hal tersebut mengandung suatu resiko. Namun analogi yang paling penting dari definisi kata *tabu* dengan konsep *Tabu Search* itu sendiri ialah mengenai resiko, dimana resiko yang dihindari disini ialah terjebak kedalam optima lokal dan tak ada harapan untuk keluar.

### 2.7.1 Algoritma *Tabu Search*

Tidak seperti pencarian menurun, Algoritma *Tabu Search* mampu meninggalkan optimasi *local* dan melanjutkan pencarian. Pendekatan *Tabu Search* mulai dari solusi awal, dan langkah berpindah ke solusi tetangga terpilih dengan harapan dapat mengembangkan nilai kriteria tujuan yang ingin dicapai. Algoritma ini mencoba untuk mengambil langkah yang memastikan bahwa setiap metode tidak masuk kembali ke solusi yang telah dipakai sebelumnya agar tidak terperangkap pada penyelesaian *local*. Untuk mencegah penyelesaian *local* tersebut, digunakan *tabu list* yang berisi pergerakan-pergerakan terlarang pada iterasi terkini. Pergerakan-pergerakan terlarang ini hanya terbatas pada beberapa iterasi, dan algoritma ini tidak menjamin penyelesaian yang paling optimal, tetapi mendekati optimal.

Adapun atribut-atribut yang terdapat dalam Algoritma *Tabu Search* menurut Panggabean (2005) antara lain:

1. *Initial solution*, yaitu suatu solusi awal yang akan dipakai sebagai benih untuk membangkitkan *neighborhood*. Pemilihan solusi *initial* awal yang baik akan menyebabkan waktu komputasi menjadi lebih cepat.
2. *Move*, yaitu pergerakan dari satu *neighborhood* ke *neighborhood* yang lain. Dalam studi kasus ini *move* berarti pertukaran *job* atau pekerjaan yang satu dengan *job* yang lain dan akan dikerjakan terlebih dahulu pada mesin yang sama.
3. *Neighborhood* merupakan suatu kumpulan atau set dari solusi yang dapat dicapai dengan satu kali gerakan (*move*).
4. *Candidate move*, mempunyai arti yang hampir mirip dengan pengertian *neighborhood* tetapi penekanan istilah ini dipakai pada sekumpulan gerakan yang akan di evaluasi untuk menentukan gerakan terbaik.
5. *Aspiration criteria*, merupakan kriteria yang digunakan untuk mengizinkan gerakan (*move*) yang dilarang atau *tabu* tetap terlaksana.
6. *Tabu list*, merupakan suatu ukuran yang digunakan untuk mengatur berapa lama gerakan dalam kondisi dilarang atau *tabu* dan mengatur berapa banyak gerakan yang dapat dikategorikan berstatus *tabu*. Ukuran daftar *tabu* ini

digunakan untuk mengontrol intensitas pencarian yang disesuaikan dengan jumlah data *job* yang ada.

7. *In admissible*, yaitu suatu kondisi yang terjadi karena suatu gerakan sudah berstatus *tabu*. Tujuan dari kondisi ini adalah untuk meminimasi jumlah *neighborhood* pada iterasi berikutnya. Karena apabila suatu *move* dinyatakan kondisi ini, *move* ini tidak pernah akan menghasilkan nilai yang baik dari nilai sebelumnya.
8. *Stopping criteria*, yaitu suatu kondisi untuk menghentikan proses pencarian solusi. Penghentian pencarian biasanya dihentikan apabila sudah dilakukan beberapa kali iterasi dan tidak ditemukan solusi yang lebih baik dari solusi yang paling baik dan sudah ditentukan sebelumnya.

Langkah-langkah penyusunan Algoritma *Tabu Search* dapat dijabarkan sebagai berikut (Berlianty dan Miftahol, 2010):

1. Membangkitkan Solusi Awal (dengan metode *Shifting Bottleneck*).
2. Menentukan kriteria aspirasi (*aspiration criteria*), merupakan sebuah tujuan dalam melakukan perhitungan *tabu search*.

Kriteria aspirasi dalam penelitian ini adalah meminimasi *makespan*.

3. Menentukan kriteria terminasi (*stopping criteria*)  
Menurut Panggabean (2005), terdapat beberapa kondisi yang dapat digunakan sebagai kriteria terminasi dalam algoritma *tabu search*, diantaranya adalah:

- a. Ditemukannya solusi optimal.
- b. Tidak ada lagi solusi baru yang dapat dibangkitkan dari *neighborhood* solusi sekarang, karena semua *move* dalam *neighborhood* tersebut terdapat dalam *tabu list*.
- c. Jumlah iterasi *I* sama dengan jumlah iterasi maksimum yang ditetapkan diawal.

4. Melakukan *Move*  
Terdapat beberapa macam *move* yang dapat dipilih dalam proses pencarian solusi terbaik berlangsung, yakni:

- a. *Lokal search*, yang terdiri dari dua macam yaitu:

- 1) *Insertion*, yakni memilih secara acak satu bagian struktur untuk dipindah ke bagian yang lain.

Contoh :

Struktur awal  $\rightarrow$  1 2 3 4

Jika dengan proses *random* didapat atribut ke-3, maka struktur dapat berubah menjadi  $\rightarrow$  1 3 2 4

- 2) *Swap*, yakni memilih secara acak dua bagian struktur untuk selanjutnya ditukar posisinya.

Contoh:

Struktur awal  $\rightarrow$  1 2 3 4

Jika dengan proses *random* menghasilkan 1 dan 3, maka struktur dapat berubah menjadi  $\rightarrow$  3 2 1 4

- b. *Neighborhood Search*, pencarian dengan teknik ini setiap kemungkinan atribut dari struktur dapat dipindah-pindah menggunakan aturan kombinasi.

Contoh:

Struktur awal  $\rightarrow$  1 2 3 4

Dengan aturan kombinasi 2 dari 4 maka diperoleh struktur sebagai berikut:

$\rightarrow$ 2 1 3 4	$\rightarrow$ 1 3 2 4
$\rightarrow$ 3 2 1 4	$\rightarrow$ 1 4 3 2
$\rightarrow$ 4 2 3 1	$\rightarrow$ 1 2 4 3

5. Menghitung *makespan* dari setiap struktur yang terbentuk, kemudian memilih *makespan* terkecil untuk dimasukkan kedalam *tabu list* untuk menghindari terjadinya *cycling* (mengulang perhitungan).
6. Mengulangi langkah 4 dan 5 hingga tercapai kriteria aspirasi. Jika kriteria terminasi telah dipenuhi maka *stop*, artinya nilai *makespan* paling minimum yang berada dalam *tabu list* adalah solusi yang optimum.

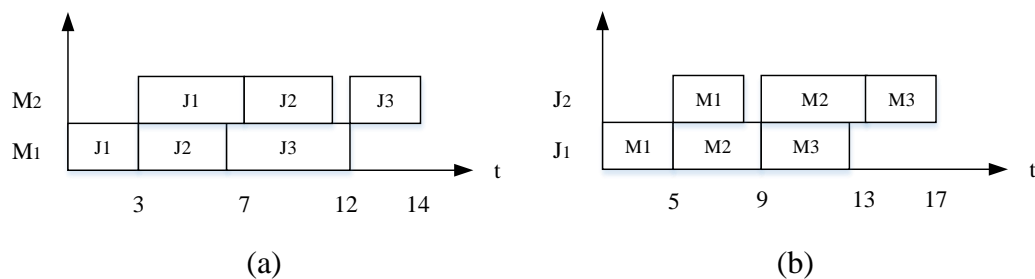
## 2.8 Grafik Gantt (*Gantt Chart*)

*Gantt chart* pertama kali diperkenalkan oleh Henry Laurence Gantt pada tahun 1916. *Gantt chart* merupakan representasi grafis dari pekerjaan-pekerjaan

yang harus diselesaikan dan digambarkan dalam bentuk batang dan analog dengan waktu dan penyelesaian pekerjaan tersebut. Adapun tujuan dibuatnya *ganttt chart* yaitu:

1. Menentukan durasi pekerjaan terhadap perkembangan waktu.
2. Perencanaan dan penjadwalan proyek pekerjaan.
3. Pemantauan kemajuan proyek pekerjaan.

*Gantt chart* terdiri dari 2 jenis yaitu *Machine Oriented Gantt Chart* dan *Job Oriented Gantt Chart* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8 (a) dan Gambar 2.8 (b).



Gambar 2.8 Jenis *Gantt Chart*  
(Sumber: Salam, 2013)

Pada Gambar 2.8 (a), *machine oriented gantt chart* digambarkan dengan sumbu horisontal sebagai durasi atau waktu dan sumbu vertikal sebagai urutan mesin yang digunakan. Sedangkan pada Gambar 2.8 (b), *job oriented gantt chart* digambarkan dengan sumbu horisontal sebagai durasi atau waktu dan sumbu vertikal sebagai urutan *job* yang akan dikerjakan. Dengan kata lain, *machine oriented gantt chart* ialah *ganttt chart* yang berorientasi pada mesin dan *job oriented gantt chart* ialah *ganttt chart* yang berorientasi pada *job*. Pada prinsipnya, hasil perhitungan dari kedua jenis *ganttt chart* tersebut adalah sama. Pemilihan jenis *ganttt chart* yang akan dipakai ditentukan oleh pengguna *ganttt chart* itu sendiri (sesuai kebutuhan).

## 2.9 *Efficiency Index* dan *Relative Error*

Parameter performansi digunakan untuk menentukan metode yang lebih baik untuk diterapkan pada perusahaan. Parameter performansi yang dapat digunakan antara lain:

1. *Efficiency Index* (EI), yaitu perbandingan antara metode usulan dengan metode yang digunakan perusahaan, dirumuskan sebagai berikut:

$$EI = \frac{\text{Makespan}_{\text{Perusahaan}}}{\text{Makespan}_{\text{Usulan}}} \dots\dots\dots (2.15)$$

Keterangan:

EI = 1, maka kedua metode memiliki performansi yang sama,

EI < 1, maka metode usulan yang diberikan memiliki performansi yang kurang baik dibanding dengan metode yang digunakan perusahaan.

EI > 1, berarti metode usulan yang diberikan memiliki performansi yang lebih baik daripada metode yang digunakan perusahaan.

2. *Relative Error* (RE), digunakan untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan *makespan* yang dihasilkan oleh kedua metode, yang dapat dihitung sebagai berikut:

$$RE = \left| \frac{\text{Makespan}_{\text{Usulan}} - \text{Makespan}_{\text{Perusahaan}}}{\text{Makespan}_{\text{Usulan}}} \right| \times 100\% \dots\dots\dots (2.16)$$

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi penelitian merupakan suatu tahapan-tahapan penelitian dan proses berpikir yang sistematis untuk mengidentifikasi, merumuskan, memecahkan, menganalisa hingga penarikan suatu kesimpulan akhir dari masalah yang dihadapi. Metodologi penelitian harus ditetapkan terlebih dahulu sebelum melakukan penelitian agar penelitian yang dilakukan lebih terarah sehingga mempermudah analisis permasalahan yang ada dan tercapainya tujuan penelitian.

#### **3.1 Jenis dan Sumber Data**

##### **3.1.1 Jenis Data**

Data yang dikumpulkan adalah data yang berkaitan dengan proses pemecahan masalah yang akan dibahas baik data primer maupun data sekunder. Data primer digunakan untuk pengolahan data penjadwalan sedangkan data sekunder sebagai penunjang data primer.

##### **1. Data Primer**

Data Primer adalah data yang dikumpulkan dan diperoleh langsung dari lapangan atau objek penelitian. Adapun data primer yang dibutuhkan adalah waktu siklus tiap elemen kerja dan data elemen kerja untuk masing-masing stasiun kerja pada setiap tipe *Plug Cap* di lini perakitan *Plug Cap*.

##### **2. Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperoleh dan dikumpulkan dari sumber-sumber yang telah ada. Data yang dimaksud, meliputi:

- a. Data umum perusahaan.
- b. Jumlah mesin dan operator yang digunakan.
- c. Data waktu *setup* mesin dan *material handling*.
- d. Data waktu proses tiap *job*.
- e. Urutan proses produksi.
- f. Data permintaan produk *Plug Cap* pada bulan Oktober 2015.
- g. Hari kerja dan jam kerja tersedia pada bulan Oktober 2015.

### 3.1.2 Sumber Data

Data yang diperoleh dalam melakukan penelitian berasal dari:

1. Data primer berasal dari pengukuran waktu di lini perakitan *Plug Cap*.
2. Data sekunder berasal dari bagian *Human Resource Development (HRD)* yang mencakup data umum perusahaan dan *Production Planning (PP)*.

### 3.2 Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendukung menyelesaikan permasalahan yang dihadapi perusahaan. Pengumpulan data didapat dengan melakukan penelitian di rantai produksi dan data-data yang diberikan oleh perusahaan.

Dalam melakukan pengumpulan data, terdapat beberapa metode yang digunakan adalah:

1. *Field Research* (Penelitian Lapangan)  
Penelitian lapangan merupakan pengamatan langsung terhadap kegiatan produksi, khususnya di lini perakitan *Plug Cap*.
2. *Library Research* (Penelitian Pustaka)  
Penelitian dilakukan dengan cara melakukan pembelajaran terlebih dahulu mengenai teori-teori melalui buku *teks* dan literatur tugas akhir serta pengkajian terhadap sumber pustaka yang relevan dan berhubungan dengan permasalahan. Teori yang dimaksud antara lain: perancangan dan pengukuran waktu kerja, sistem produksi, *Theory Of Constraints*, teknik penjadwalan, metode *Shifting Bottleneck*, Algoritma *Tabu Search* dan beberapa sumber lainnya yang sangat mendukung penelitian ini.
3. Wawancara  
Wawancara dilakukan dengan para karyawan dan operator yang terlibat langsung pada proses pembuatan *Plug Cap* di lini perakitan *Plug Cap*. Wawancara dilakukan dengan mengajukan pertanyaan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan diteliti kepada bagian *Production Engineering (PE)* dan staf bagian *Production Planning (PP)*.

### **3.3 Teknik Analisis**

Langkah-langkah metodologi penelitian yang dilakukan dalam upaya memecahkan permasalahan akan dijelaskan lebih rinci dengan diagram alir metodologi penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 3.1.

#### **3.3.1 Studi Lapangan**

Studi lapangan dilakukan pada tahap awal di PT NGK Busi Indonesia dalam rangka menentukan objek penelitian dan memahami kondisi perusahaan. Dengan studi lapangan dapat mengidentifikasi permasalahan yang ada di perusahaan. Di samping itu, studi lapangan berguna untuk mendapatkan informasi-informasi yang akan digunakan pada tahapan berikutnya.

#### **3.3.2 Studi Pustaka**

Studi pustaka diperlukan dalam rangka melakukan pemecahan masalah. Studi pustaka dilakukan dengan mempelajari buku, literatur, jurnal, dan referensi-referensi yang terkait secara langsung maupun tidak langsung dengan masalah yang dihadapi. Studi pustaka telah dijelaskan pada Bab II yaitu landasan teori. Landasan teori yang digunakan harus dapat membantu penelitian dan permasalahan yang sedang dihadapi. Studi pustaka dalam tugas akhir ini berkaitan dengan metode *Shifting Bottleneck* dan *Algoritma Tabu Search*, serta teori lainnya yang dapat membantu pemecahan masalah dalam penelitian tugas akhir ini.

#### **3.3.3 Perumusan Masalah**

Setelah melakukan studi lapangan dan studi pustaka, selanjutnya melakukan perumusan masalah. Tahapan ini telah dijelaskan pada Bab I.

#### **3.3.4 Tujuan Penelitian**

Setelah mengidentifikasi masalah, selanjutnya adalah tujuan penelitian. Tujuan penelitian dilakukan untuk mengetahui terjadinya masalah sekaligus memberikan pemecahan terhadap masalah yang terjadi.

#### **3.3.5 Pengumpulan Data**

Setelah melakukan identifikasi masalah maka dilakukan pengumpulan data untuk membantu pada tahap pengolahan data. Kemudian data tersebut digunakan sebagai informasi yang berguna untuk menjadi dasar dalam melakukan analisis dan

pemecahan masalah. Adapun data yang dikumpulkan seperti telah dijelaskan di sub bab sebelumnya yaitu data primer dan data sekunder.

### **3.3.6 Pengolahan Data**

Pada tahap ini dijelaskan bagaimana cara mengolah data guna memecahkan permasalahan secara baik dan terencana, yaitu dengan langkah-langkah berikut ini dan dapat dilihat pada Gambar 3.2.

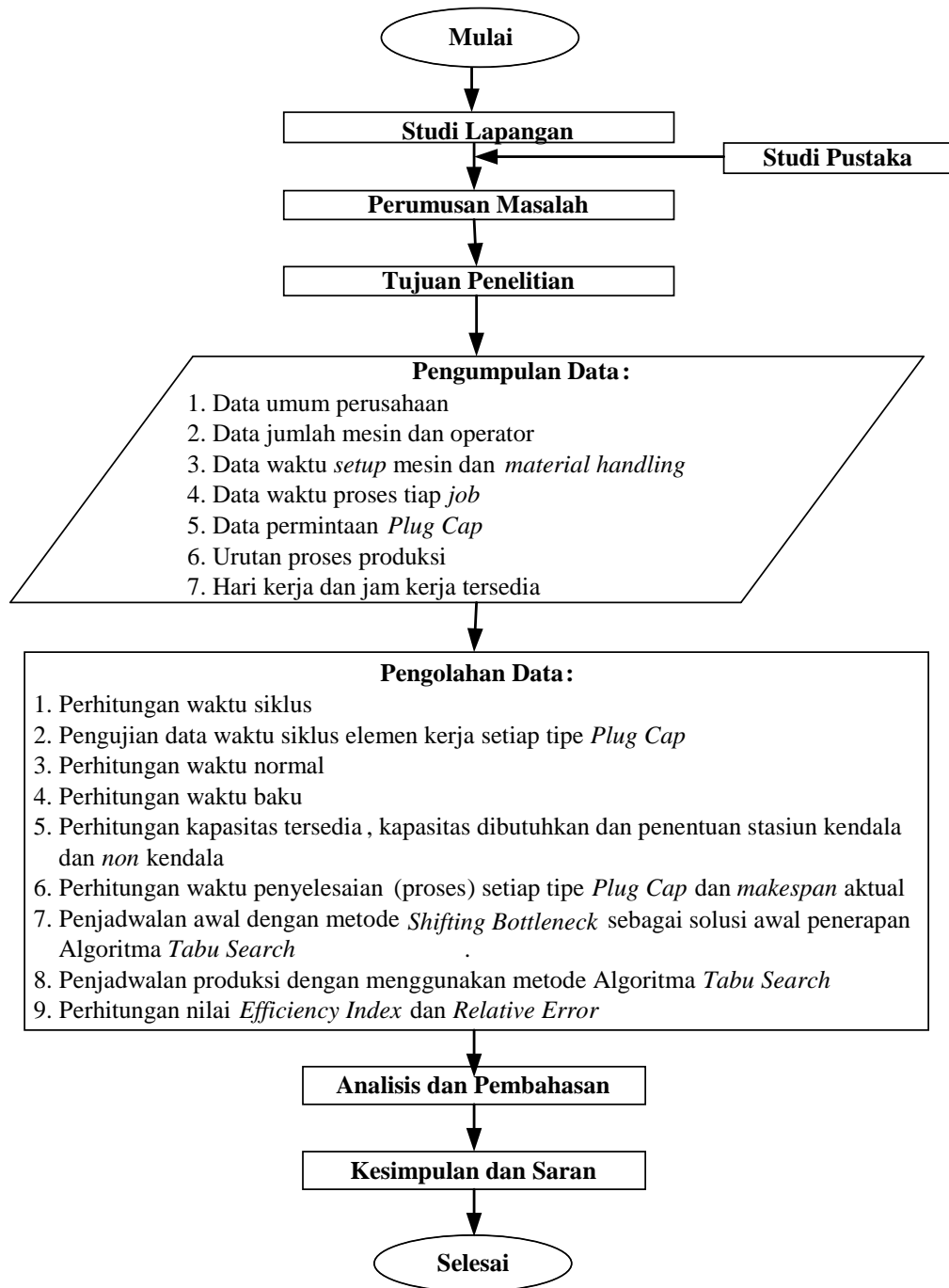
1. Perhitungan waktu siklus.
2. Pengujian data waktu siklus elemen kerja setiap tipe *Plug Cap*.
3. Perhitungan waktu normal.
4. Perhitungan waktu baku.
5. Perhitungan kapasitas tersedia, kapasitas dibutuhkan dan penentuan stasiun kendala dan *non* kendala.
6. Perhitungan waktu penyelesaian (proses) setiap tipe *Plug Cap* dan *makespan* aktual perusahaan.
7. Penjadwalan awal dengan metode *Shifting Bottleneck* sebagai solusi awal dalam penerapan Algoritma *Tabu Search*.
8. Penjadwalan produksi dengan menggunakan metode Algoritma *Tabu Search*.
9. Perhitungan nilai *Efficiency Index* dan *Relative Error*.

### **3.3.7 Analisis dan Pembahasan**

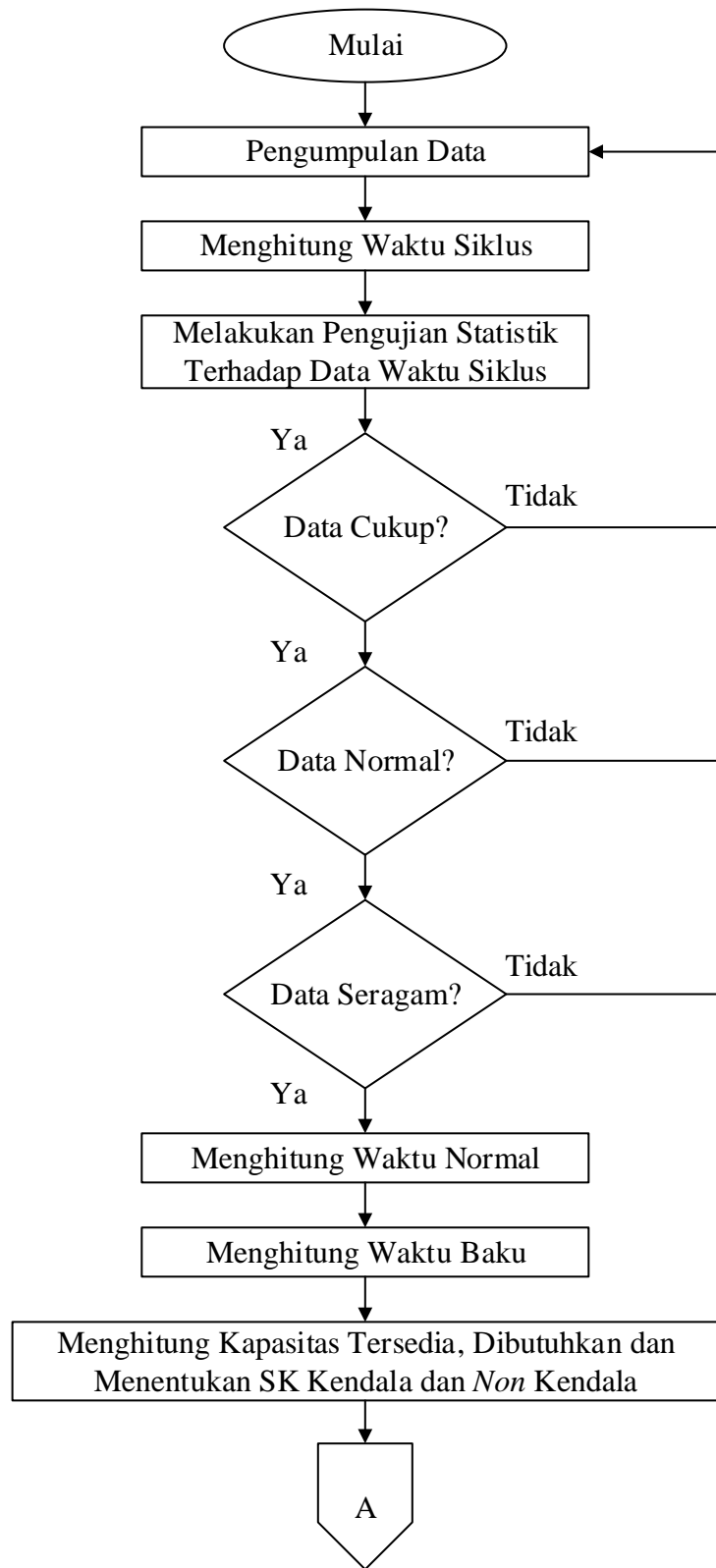
Pada tahap ini dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data pada tahap sebelumnya, sehingga dapat menjawab tujuan dari penelitian.

### **3.3.8 Kesimpulan dan Saran**

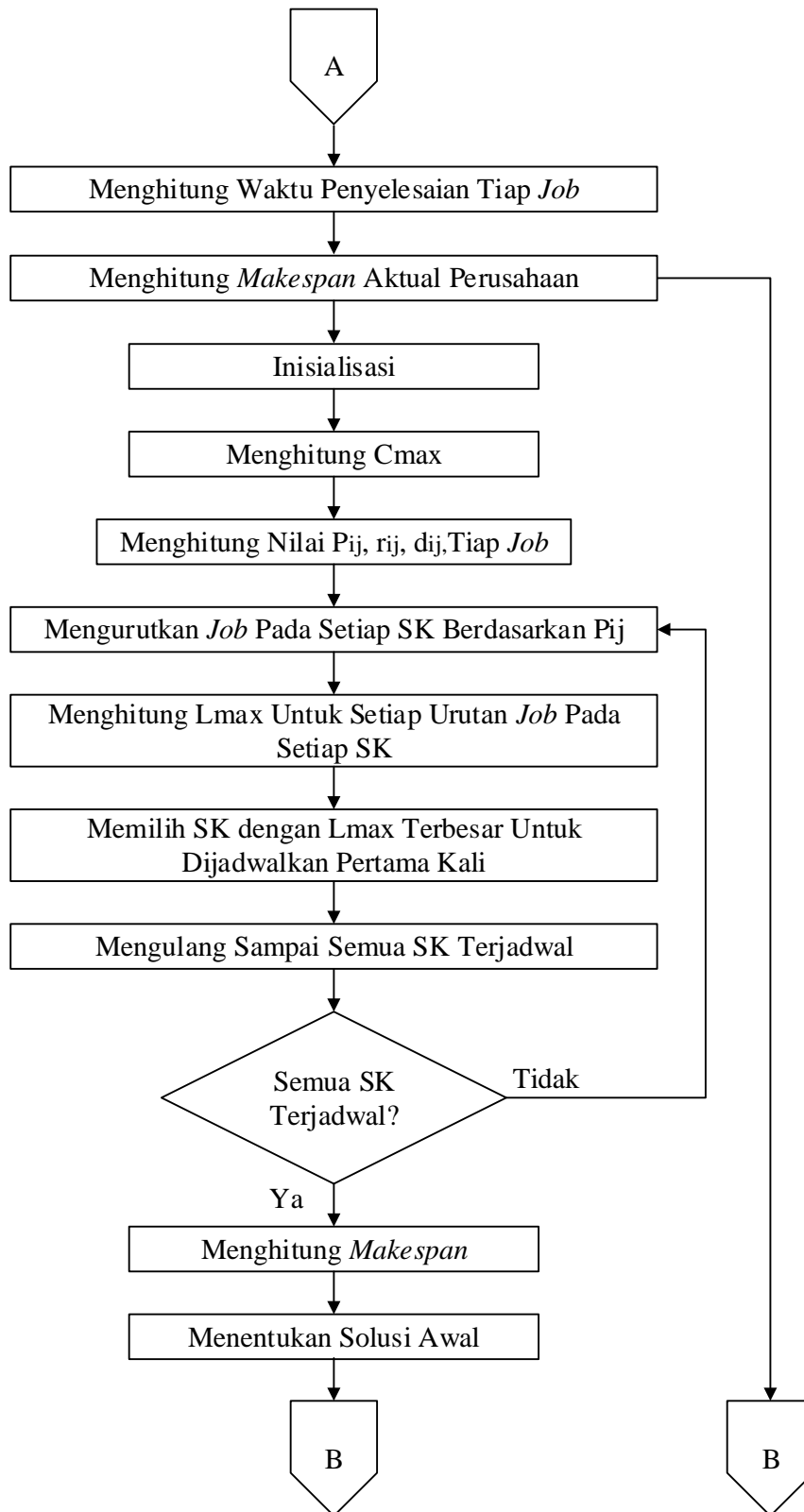
Setelah dilakukan pengolahan dan analisis data, maka tahap berikutnya adalah menarik kesimpulan atas hasil analisa yang telah dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian yang telah dibuat. Selain itu, memberikan saran yang bermanfaat sebagai bahan pertimbangan yang mungkin berguna untuk perbaikan bagi pihak perusahaan.



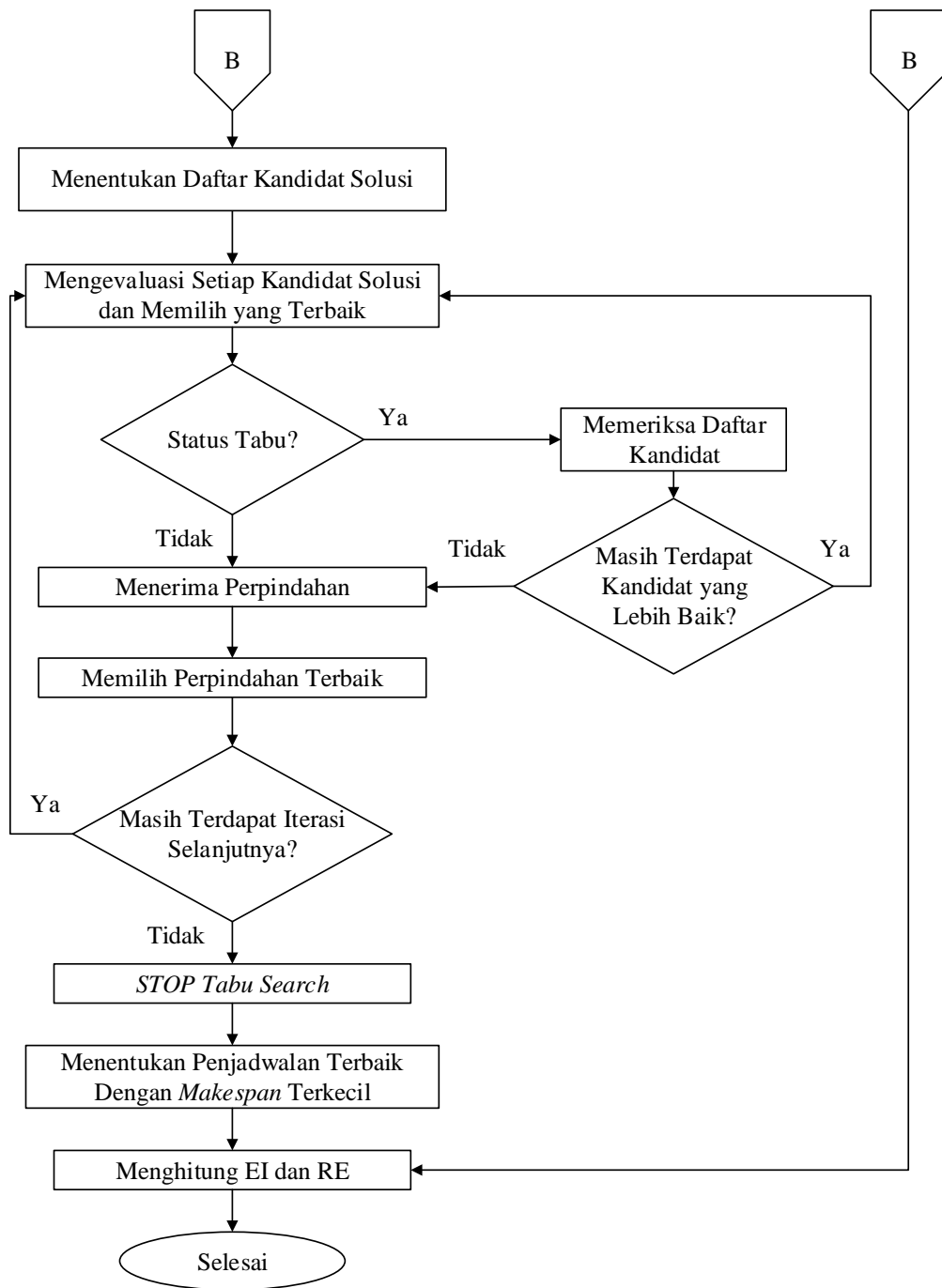
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data (Lanjutan)  
 (Sumber: Hasil Pengolahan Data)



Gambar 3.2 Diagram Alir Pengolahan Data (Lanjutan)  
 (Sumber: Hasil Pengolahan Data)

## BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

### 4.1 Pengumpulan Data

#### 4.1.1 Sejarah Perusahaan

PT NGK Busi Indonesia adalah perusahaan *joint venture* antara PT Pendawa Sempurna (Indonesia) dan NGK Spark Plug Co. Ltd (Jepang). NGK Spark Plug Co. Ltd adalah perusahaan yang memproduksi dan menjual busi, produk-produk yang berkaitan dengan mesin pembakaran dalam, keramik serta produk-produk aplikasinya. Perusahaan ini berdiri pada 26 Oktober 1936 di Jepang, dengan modal 47.869 juta yen. Pada Maret 2014 tercatat jumlah karyawan sebanyak 12.760 orang (*consolidated*) dan 5.809 orang (*non-consolidated*). Jaringan perusahaan yang tersebar di seluruh dunia yaitu terdiri dari 18 kantor penjualan beserta pabrik, 10 pabrik dan 2 kantor pendukung. Salah satu jaringannya yang berada di Indonesia melakukan *joint venture* yaitu bernama PT NGK Busi Indonesia. Perusahaan ini didirikan pada tahun 1977 diatas tanah seluas 27.000 m<sup>2</sup> dengan luas bangunan 8.750 m<sup>2</sup>.

Berikut adalah profil perusahaan PT NGK Busi Indonesia:

Nama Perusahaan	: PT NGK Busi Indonesia
Alamat Perusahaan	: Jalan Raya Jakarta Bogor Km 26,6 Ciracas – Jakarta Timur
Status Perusahaan	: Perseroan Terbatas
Tanggal Berdiri	: Juli 1977 perusahaan <i>joint venture</i> antara PT PENDAWA SEMPURNA dan PT NGK SPARK PLUG CO. LTD Februari 1978 mulai memproduksi busi
Jenis Produk	: - Busi - <i>Plug Cap</i>
Aktivitas	: 1. Membuat komponen 2. <i>Assembly</i>
Jumlah Karyawan	: 483 orang

PT NGK Busi Indonesia mulai beroperasi pada Februari 1978 dan mulai memproduksi secara komersial pada April 1978. Perusahaan ini mampu memproduksi busi (*Spark Plug*) rata-rata 3,16 juta unit/bulan atau 38 juta unit/tahun dengan rata-rata peningkatan produksi 15% setiap tahunnya. PT NGK Busi Indonesia juga memproduksi komponen busi lainnya berupa *Metal Shell* sebanyak 3,83 juta unit/bulan atau 46 juta unit/tahun dan tutup busi (*Plug Cap*) sebanyak 500 ribu unit/bulan atau 6 juta unit/tahun yang telah diekspor ke pabrik-pabrik NGK di kawasan ASEAN dan Taiwan.

PT NGK Busi Indonesia memiliki sumber daya manusia sebanyak 483 orang (terdiri dari 478 karyawan lokal, 4 direksi asing dan 1 direksi lokal). Perusahaan ini sudah mampu menghasilkan busi dan tutup busi yang terbaik dan telah diekspor ke kawasan ASEAN.

#### 4.1.2 Sasaran Mutu Perusahaan

Sasaran mutu adalah target dari suatu organisasi dalam melakukan suatu proses yang ingin dicapai dalam jangka waktu tertentu. Sasaran mutu merupakan metode yang digunakan perusahaan untuk tetap fokus mengejar target yang berasal dari pedoman mutu hingga rencana untuk pencapaiannya. Perusahaan harus menetapkan sasaran mutu pada fungsi, tingkat dan proses yang diperlukan untuk sistem manajemen mutu. Sasaran mutu juga harus dibuat dalam bentuk target-target yang terukur sehingga pernyataan yang tertuang dalam kebijakan mutu mempunyai dampak yang nyata. Sasaran mutu pada PT NGK Busi Indonesia dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Sasaran Mutu PT NGK Busi Indonesia

No	Sasaran Mutu	Target
1	<b><i>Reject Ratio</i></b> Rasio Kerusakan Produk ( <i>Final Inspection</i> )	1.1 Busi ( <i>Spark Plug</i> ) = 50 PPM 1.2 Tutup Busi ( <i>Plug Cap</i> ) = 500 PPM

Lanjutan...

Tabel 4.1. Sasaran Mutu PT NGK Busi Indonesia (Lanjutan)

2	<b>OEE (Overall Equipment Effectiveness)</b> Efektifitas Peralatan Keseluruhan	OEE = 80%
3	<b>Customers Claim</b> Keluhan Pelanggan	<i>Zero Claim</i>
4	<b>Improvement Program</b> Program Perbaikan Berkelanjutan	4.1 Ide Kaizen = 400 Ide 4.2 Tema QCC = 18 Tema
5	<b>Safety</b> Keselamatan Kerja	<i>Zero Accident</i>
6	<b>Cost Reduction Program</b> Program Penghematan Biaya	6.1 <i>Cost Of Poor Quality (COPQ)</i> Biaya Atas Kualitas Buruk = 50% dari <i>budget Fiscal Year</i> 2016 (FYI16) 6.2 <i>Budget and Efficiency</i> = 5% dari <i>budget manufacturing cost</i>

(Sumber : PT NGK Busi Indonesia)

#### 4.1.3 Struktur Organisasi dan Uraian Jabatan

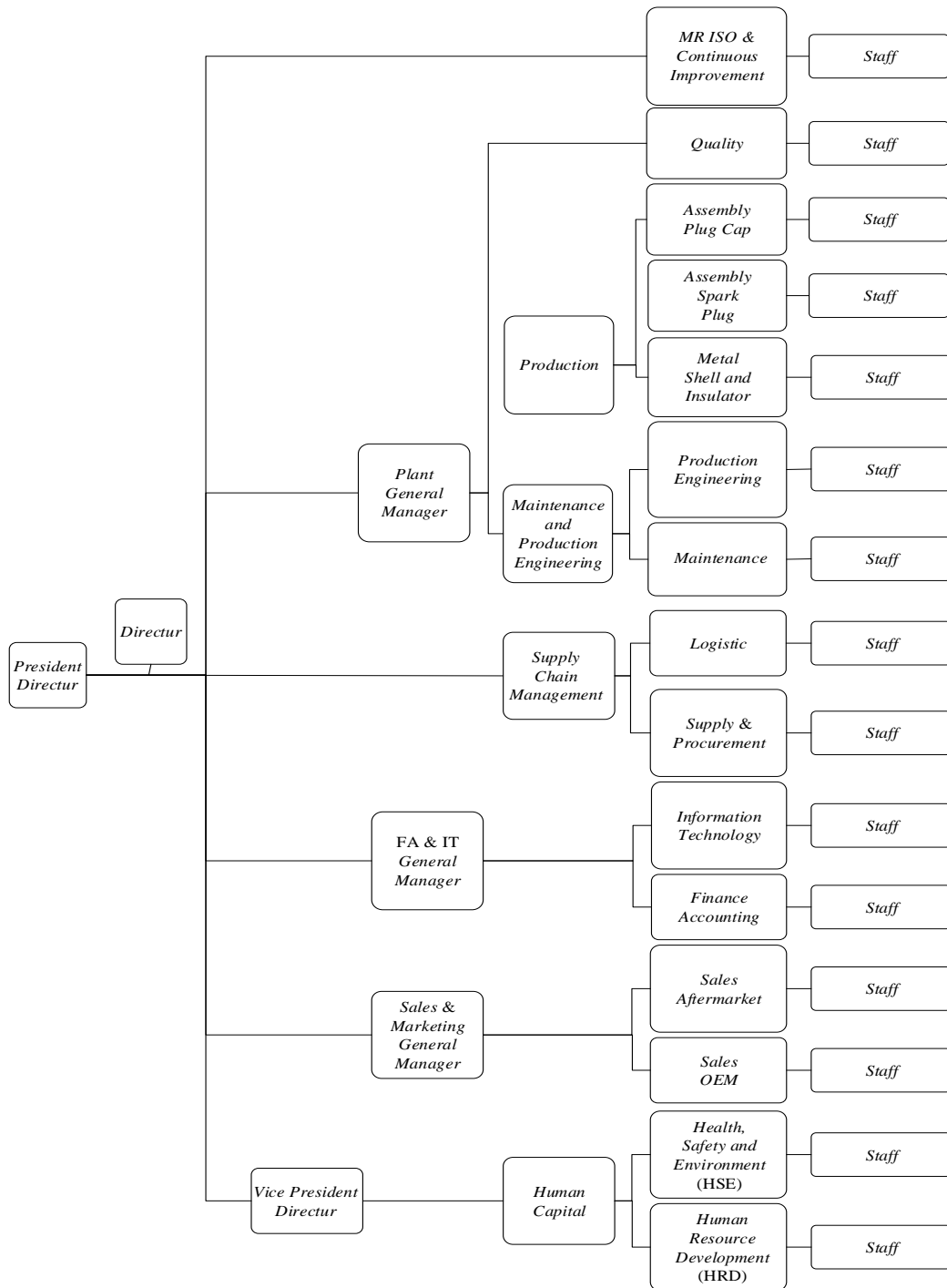
Dalam mencapai tujuan, perusahaan membutuhkan suatu tim yang terorganisir sehingga diperlukan struktur organisasi beserta uraian jabatannya.

##### 1. Struktur Organisasi

Perusahaan merupakan suatu bentuk dari organisasi yang terdiri dari 3 unsur yang saling berhubungan yaitu sekelompok orang, kerjasama dan tujuan tertentu. Struktur organisasi adalah struktur pembagian kerja dan struktur tata hubungan kerja antara kelompok pemegang posisi yang saling bekerjasama dalam melaksanakan tugas wewenang dan tanggungjawab sesuai dengan jabatannya masing-masing. Struktur organisasi mutlak diperlukan sebagai alat pengendali jalannya kegiatan yang berlangsung di perusahaan.

Struktur organisasi PT NGK Busi Indonesia dapat dilihat pada Gambar 4.1.

•—Board Of Director—• •—General Manager—• •—Manager & Asst Manager—• •—Staff—•



Gambar 4.1 Struktur Organisasi PT NGK Busi Indonesia  
(Sumber: PT NGK Busi Indonesia)

## 2. Uraian Jabatan

Berdasarkan bagan struktur organisasi pada Gambar 4.1 maka uraian dari setiap jabatan di PT NGK Busi Indonesia adalah sebagai berikut:

1. *President Directur*

Dalam melaksanakan tugas *President Directur* dibantu langsung oleh *Directur*. Tugas dan tanggungjawab *President Directur* adalah:

- a. Memimpin semua karyawan di PT NGK Busi Indonesia.
- b. Meningkatkan kualitas PT NGK Busi Indonesia sesuai dengan visi dan misi perusahaan.
- c. Memimpin dan mengkoordinasi dalam penyusunan sasaran mutu, rencana kerja dan anggaran tahunan.
- d. Melakukan pengelolaan perusahaan dan melakukan pengambilan keputusan untuk menjalankan roda perusahaan.
- e. Menyetujui seluruh dokumen, surat, laporan yang berhubungan dengan aktivitas yang terjadi pada PT NGK Busi Indonesia.

2. *Vice President Directur*

*Vice President Directur* bertugas untuk menangani berbagai masalah pada ruang lingkup karyawan, pegawai, buruh, manajer dan tenaga kerja lainnya untuk dapat menunjang aktivitas perusahaan demi mencapai tujuan yang telah ditentukan.

3. *Management Representative ISO*

Tugas dan tanggungjawab *Management Representstive* (MR) adalah:

- a. Memastikan bahwa semua dokumen yang diperlukan oleh Sistem Manajemen Mutu (SMM) telah dibuat dan didistribusikan.
- b. Mengelola manual mutu dan prosedur SMM.
- c. Menyiapkan program dan jadwal audit.
- d. Memastikan internal audit dijalankan.
- e. Meninjau ketidaksesuaian, tindakan dan pencegahan.
- f. Mewakili *Top* Manajemen dalam berhubungan dengan pihak eksternal terkait dengan SMM.
- g. Meninjau pencapaian sasaran mutu.

4. *Plant General Manager* (GM)

*Plant* GM bertanggungjawab penuh dalam merencanakan semua kegiatan yang akan dilaksanakan dalam perusahaan. Dalam melaksanakan tugasnya *Plant* GM dibantu oleh:

a. *Quality*

Bagian yang menjamin bahwa fungsi kualitas berjalan sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan dan melakukan pemeriksaan atau pengujian proses produksi untuk memastikan kualitas produksi sesuai dengan standar yang telah ditentukan.

b. *Production*

Departemen ini bertanggungjawab menangani segala sesuatu yang berhubungan dengan proses produksi, dimulai dari perencanaan jam dan hari kerja, rencana produksi yang menyangkut target per jam, target harian dan jumlah produksi total.

Departemen ini terdiri dari:

1) *Assembly Plug Cap*

Bagian ini melakukan perakitan yaitu pemasangan *terminal body plug cap* dengan *spring, resistor, connector, screw washer* dan *rubber* sehingga menjadi *Plug Cap* yang siap pakai.

2) *Assembly Spark Plug*

Bagian ini melakukan proses perakitan insulator dengan *metal shell* untuk menjadi sebuah busi (*spark plug*) sebelum adanya proses pembengkokan. Proses perakitan ini menggunakan 2 sistem proses yaitu proses secara otomatis dan semi otomatis.

3) *Metal Shell dan Insulator*

Dalam memproduksi *metal shell* harus melalui beberapa proses yaitu proses *cold forming, chuking machine, welding threading*, dan *plating*. Sedangkan untuk menghasilkan *insulator* harus melalui proses *assy insulator* yaitu proses perakitan keramik insulator dengan *center electrode* dan *stud terminal* yang akan digunakan pada *insulator spark plug*.

c. *Maintenance and Production Engineering*

Departemen ini bertanggung jawab terhadap hal-hal yang bersifat teknis dari proses produksi antara lain pemeliharaan dan penyediaan peralatan elektrik atau mekanik serta penyediaan barang pendukung guna menunjang kelancaran proses produksi.

1) *Production Engineering*

Bagian ini bertugas melakukan rancang bangun (*lay out*), melakukan koordinasi modifikasi dan percobaan komponen serta melakukan perbaikan berkelanjutan pada proses produksi.

2) *Maintenance*

Bagian ini bertanggungjawab terhadap perawatan seluruh peralatan produksi dan pengadaan suku cadang peralatan baik elektrik maupun mekanik.

5. *Supply Chain Management*

Departemen ini bertugas dalam merencanakan sumber daya, menetapkan pemasok, dan mengembangkan rantai pasok yang ada.

Departemen SCM terdiri dari:

a. *Logistic*

Bagian ini bertugas melakukan gerakan yang efisien dan efektif terhadap biaya dan penyimpanan barang serta mengkonfigurasi jaringan distribusi yang sesuai.

b. *Supply and Procurement*

Bagian ini bertugas untuk merencanakan pembelian, mencari *supplier* yang berkualitas, melakukan negosiasi harga, dan memproses permintaan pembelian.

6. *Finance Accounting and Information Technology General Manager (FA & IT GM)*

FA & IT GM bertanggungjawab mengenai masalah atau hal-hal mengenai keuangan perusahaan dan kebutuhan teknologi informasi.

Dalam melaksanakan tugas FA & IT GM dibantu oleh:

a. *Information Technology*

Bagian ini bertugas untuk membeli *hardware*, *software*, menyediakan data atau informasi yang dibutuhkan dalam pembuatan laporan departemen reguler, mendesain perencanaan untuk integrasi dan mengembangkan aplikasi sistem komputer.

b. *Finance Accounting*

Departemen ini bertanggungjawab dalam menangani masalah yang berhubungan dengan keuangan perusahaan dan mengadakan pembukuan keuangan.

7. *Sales and Marketing General Manager*

*Sales and Marketing General Manager* bertugas dalam melaksanakan kegiatan penjualan dan melakukan tindak lanjut pelayanan untuk memberikan kepuasan kepada konsumen. *Sales and Marketing* dibagi menjadi dua bagian yaitu:

a. *Sales Aftermarket*

Bagian ini bertanggungjawab dalam target penjualan, menentukan strategi penjualan dan membuat laporan kepada GM.

b. *Sales OEM (Original Equipment Manufacturer)*

Bagian ini bertugas untuk mencari klien baru, memperkenalkan produk perusahaan serta melakukan negosiasi klien sampai mendapatkan persetujuan.

8. *Human Capital*

Departemen ini bertanggungjawab mengelola dan mengembangkan sumber daya manusia. Dalam melaksanakan tugas *Human Capital* dibantu oleh:

a. *Health, Safety and Environment (HSE)*

Bagian ini bertanggungjawab terhadap kesehatan, keselamatan kerja karyawan dan kondisi lingkungan kerja perusahaan. Selain itu, HSE juga merencanakan program K3 dan mengimplementasikannya pada perusahaan.

b. *Human Resource Development (HRD)*

Bagian ini bertugas dalam perekrutan karyawan, melaksanakan proses pengupahan dan mempelajari peraturan perundang-undangan yang menyangkut ketenagakerjaan.

#### 4.1.4 Aliran Proses Produksi *Plug Cap*

Proses produksi *Plug Cap* terdiri dari 2 proses yaitu:

1. *Injection Molding*

Proses *injection molding* merupakan tahap awal yang berfungsi dalam pembuatan *terminal body plug cap*. Proses ini dilakukan dari biji plastik dengan cara penyuntikan cairan plastik kedalam cetakan (*mold*). PT NGK Busi Indonesia tidak memproduksi semua tipe *terminal body plug cap*, tetapi ada beberapa tipe yang dikirim dari luar negeri (*import*).

2. *Plug Cap Assy*

Proses *plug cap assy* merupakan proses perakitan *terminal body plug cap* yang telah dibuat pada proses *injection molding*, kemudian dilakukan pemasangan *spring, connector, screw washer* dan *rubber* menjadi *Plug Cap* yang siap pakai. Pada proses ini terdapat 3 buah mesin yaitu 2 mesin *press* dan 1 mesin *BG tester*.

#### 4.1.5 Produk dan Data Pesanan *Plug Cap*

Adapun *Plug Cap* yang dirakit di PT NGK Busi Indonesia dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 *Plug Cap* PT NGK Busi Indonesia

No	Tipe <i>Plug Cap</i>	No	Tipe <i>Plug Cap</i>	No	Tipe <i>Plug Cap</i>	No	Tipe <i>Plug Cap</i>
1	L05FT	6	LD05FEK	11	LD05FGA	16	ND05FA
2	LD05FTAK	7	LD05FTHK	12	ND05FG	17	ND05F
3	LD10FHAK	8	VD05FDK	13	ND05FGA	18	VD05FMHBK
4	SD05FBK	9	VD05FA	14	LD05FTGK	19	XD05FMGQ
5	SD05FEK	10	LZFH	15	LD05FTIK	20	XD05FMGE

(Sumber: PT NGK Busi Indonesia)

Berdasarkan Tabel 4.2, permintaan produk *Plug Cap* yang masuk ke perusahaan pada bulan Oktober 2015 adalah tipe LD05FTGK, ND05FGA, SD05FEK, LD05FTIK dan LZFH. Data jumlah pesanan kelima tipe *Plug Cap* dapat dilihat pada Tabel 4.3.

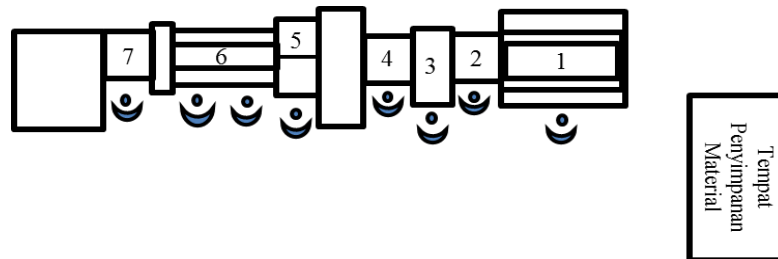
Tabel 4.3 Data Pesanan *Plug Cap* Bulan Oktober 2015

No	Kode	Type	Jumlah Pesanan (unit)
1	Job 1	LD05FTGK	145.600
2	Job 2	ND05FGA	58.600
3	Job 3	SD05FEK	180.300
4	Job 4	LD05FTIK	104.000
5	Job 5	LZFH	26.500
Jumlah (unit)			515.000

(Sumber: PT NGK Busi Indonesia)

#### 4.1.6 Lay Out Lini Perakitan Plug Cap

Proses perakitan *Plug Cap* adalah proses pemasangan *terminal body plug cap* dengan beberapa *parts* seperti *spring*, *resistor*, *connector*, *screw washer* dan *rubber* untuk menghasilkan *Plug Cap*. Urutan proses perakitan dilakukan secara manual (dilakukan oleh operator) dan semi otomatis (menggunakan mesin dan dilakukan oleh operator). Lini perakitan *Plug Cap* berbentuk I dan terdiri dari 7 stasiun kerja dengan jumlah operator yang bekerja sebanyak 8 orang. *Layout* pada lini perakitan *Plug Cap* dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Lay Out Lini Perakitan *Plug Cap*

(Sumber : PT NGK Busi Indonesia)

Berdasarkan Gambar 4.2 terlihat bahwa terdapat 7 stasiun kerja dengan aliran proses kerja sebagai berikut:

1. Perakitan *Terminal Body*

Proses pemasangan *terminal body plug cap* dengan *spring*, *resistor* dan *screw washer* atau *connector*.

2. Pengepresan 1

Proses pengepresan terhadap *screw washer* atau *connector* dengan menggunakan mesin *press*.

3. Pemasangan *Washer* dan Inspeksi

4. Pengepresan 2

Proses pengepresan terhadap *screw washer* menggunakan mesin *press*.

5. Pengujian BG

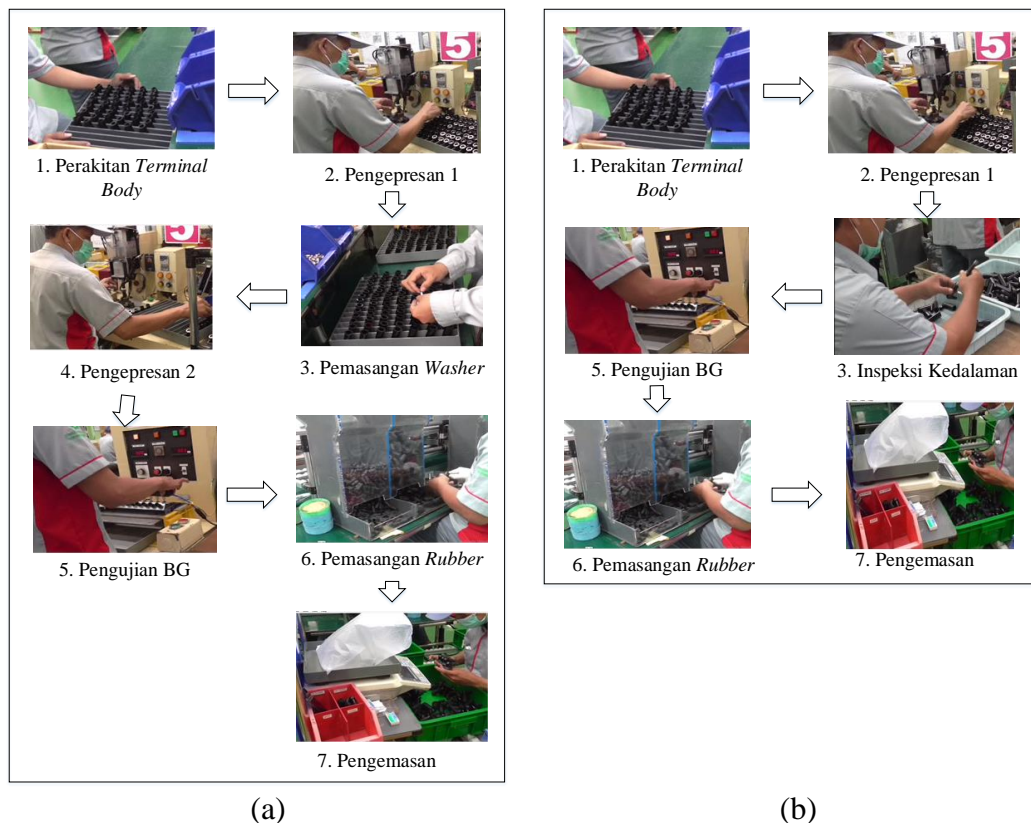
Proses pemeriksaan kebocoran arus menggunakan mesin *BG tester*.

6. Pemasangan *Rubber*

7. Pengemasan

Proses pemeriksaan apakah hasil *Plug Cap* baik atau tidak baik (*Not Good/ NG*). Apabila hasil *Plug Cap* baik maka operator melakukan proses pengemasan dan jika tidak baik maka operator meletakkan *Plug Cap* tersebut ke dalam kotak *NG* yang kemudian akan di *repair*.

Aliran proses perakitan *Plug Cap* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Aliran Proses Perakitan *Plug Cap*  
(Sumber : PT NGK Busi Indonesia)

Gambar 4.3 (a) merupakan aliran proses perakitan *Plug Cap* untuk tipe LD05FTGK, SD05FEK, LD05FTIK dan LZFH, sedangkan Gambar 4.3 (b) merupakan aliran proses perakitan *Plug Cap* tipe ND05FGA.

Aliran proses perakitan yang dilalui oleh kelima tipe *Plug Cap* yang diamati di lini perakitan *Plug Cap* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Aliran Proses Perakitan Kelima Tipe *Plug Cap* yang Diamati di Lini Perakitan *Plug Cap*

Kode	Stasiun Kerja						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Job 1</i>	√	√	√	√	√	√	√
<i>Job 2</i>	√	√	√	-	√	√	√
<i>Job 3</i>	√	√	√	√	√	√	√
<i>Job 4</i>	√	√	√	√	√	√	√
<i>Job 5</i>	√	√	√	√	√	√	√

(Sumber: PT NGK Busi Indonesia)

Bedasarkan Tabel 4.4, *job 1,3,4,* dan 5 melalui seluruh stasiun kerja tetapi pada *job 2* tidak melalui stasiun kerja 4 sehingga pola aliran proses pada lini perakitan *Plug Cap* termasuk kedalam *flowshop* umum (*general flowshop*). Gambar hasil produk untuk kelima tipe *Plug Cap* yang diamati dapat dilihat pada Lampiran A.

Pada proses perakitan *Plug Cap* didukung dengan adanya operator dan mesin yang menunjang proses produksinya. Adapun kebutuhan operator dan mesin yang digunakan di setiap stasiun kerja (SK) lini perakitan *Plug Cap* dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Data Kebutuhan Operator dan Mesin di Lini Perakitan *Plug Cap*

SK	Mesin	Jumlah Mesin (unit)	Jumlah Operator (orang)	Jenis Pekerjaan	Efisiensi Lini (%)	Utilitas Lini (%)
1	-	-	1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	92	95
2	<i>Press 1</i>	1	1	Pengepresan 1		
3	-	-	1	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi		
4	<i>Press 2</i>	1	1	Pengepresan 2		
5	<i>BG Tester</i>	1	1	Pengujian BG		
6	-	-	2	Pemasangan <i>Rubber</i>		
7	-	-	1	Pengemasan		

(Sumber: PT NGK Busi Indonesia)

#### 4.1.7 Peraturan Kerja

Tenaga kerja atau pekerja adalah orang yang bekerja pada suatu perusahaan. Perusahaan membuat peraturan terkait jam kerja yang harus ditaati oleh seluruh tenaga kerja tersebut. Jam kerja karyawan yang diberlakukan pada PT NGK Busi

Indonesia dibagi dalam 3 *shift*. Adapun pembagian waktu kerja di PT NGK Busi Indonesia dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Jam Kerja Karyawan PT NGK Busi Indonesia

<i>Shift</i>	Hari	Jam Kerja	Sholat (menit)	Istirahat (menit)	Waktu Kerja Efektif (menit)
1	Senin-Kamis	06.00-14.00	*	30	450
	Jumat		30	30	420
2	Senin-Jumat	14.00-22.00	10	30	440
3	Senin-Jumat	22.00-06.00	*	30	450

\* = Sholat diatur secara bergantian oleh atasan

(Sumber : PT NGK Busi Indonesia)

Uraian jam kerja normal dan lembur per hari pada bulan Oktober 2015 untuk lini perakitan *Plug Cap* dapat dilihat pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Jam Kerja Bulan Oktober 2015

Tgl	Hari	<i>Shift 1</i>		<i>Shift 2</i>		<i>Shift 3</i>		Jumlah JK (menit)
		JK Normal (menit)	JK Lembur (menit)	JK Normal (menit)	JK Lembur (menit)	JK Normal (menit)	JK Lembur (menit)	
1	Kamis	450	-	440	-	450	-	1.340
2	Jumat	420	-	440	-	450	-	1.310
3	Sabtu	-	-	-	-	-	-	0
4	Minggu	-	-	-	-	-	-	0
5	Senin	450	-	440	-	450	-	1.340
6	Selasa	450	-	440	-	450	-	1.340
7	Rabu	450	-	440	-	450	-	1.340
8	Kamis	450	-	440	-	450	-	1.340
9	Jumat	420	-	440	-	450	-	1.310
10	Sabtu	-	-	-	-	-	-	0
11	Minggu	-	-	-	-	-	-	0
12	Senin	450	-	440	-	450	-	1.340
13	Selasa	450	-	440	-	450	-	1.340
14	Rabu	-	-	-	-	-	-	0
15	Kamis	450	-	440	-	450	-	1.340
16	Jumat	420	-	440	-	450	-	1.310
17	Sabtu	-	-	-	-	-	-	0
18	Minggu	-	-	-	-	-	-	0
19	Senin	450	-	440	-	450	-	1.340
20	Selasa	450	-	440	-	450	-	1.340
21	Rabu	450	-	440	-	450	-	1.340
22	Kamis	450	-	440	-	450	-	1.340
23	Jumat	420	-	440	-	450	-	1.310

Lanjutan...

Tabel 4.7 Jam Kerja Bulan Oktober 2015 (Lanjutan)

Tgl	Hari	Shift 1		Shift 2		Shift 3		Jumlah JK (menit)
		JK Normal (menit)	JK Lembur (menit)	JK Normal (menit)	JK Lembur (menit)	JK Normal (menit)	JK Lembur (menit)	
24	Sabtu	-	-	-	-	-	-	0
25	Minggu	-	-	-	-	-	-	0
26	Senin	450	-	440	-	450	-	1.340
27	Selasa	450	-	440	-	450	-	1.340
28	Rabu	450	-	440	-	450	-	1.340
29	Kamis	450	-	440	-	450	-	1.340
30	Jumat	420	-	440	-	450	-	1.310
31	Sabtu	-	-	-	-	-	-	0
<b>Total</b>		9.300	0	9.240	0	9.450	0	<b>27.990</b>

(Sumber : PT NGK Busi Indonesia)

Berdasarkan Tabel 4.7, total jumlah jam kerja pada bulan Oktober 2015 sebesar 27.990 menit dan jumlah hari kerja efektif sebanyak 21 hari.

#### 4.1.8 Pengukuran Waktu Siklus Tiap Job

Teknik pengukuran waktu yang dilakukan untuk mendapatkan waktu siklus memakai pengukuran secara langsung, yaitu dengan mengamati pekerjaan dan mencatat waktu di setiap elemen kerja menggunakan jam henti (*stopwatch*) dan tabel pengamatan. Jumlah pengamatan yang dilakukan sebanyak 30 kali pengamatan. Data hasil pengukuran waktu siklus untuk elemen kerja tipe LD05FTGK di stasiun kerja 1 dapat dilihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Data Hasil Pengukuran Waktu Siklus di SK 1 pada *Plug Cap* Tipe LD05FTGK

SK 1 - Penyusunan <i>Body</i> (1)							SK 1 - Pemasangan <i>Spring</i>						
Sub Grup	xi (detik)						Sub Grup	xi (detik)					
	x1	x2	x3	x4	x5	x6		x1	x2	x3	x4	x5	x6
1	0,46	0,50	0,44	0,40	0,51	0,43	1	0,73	0,67	0,77	0,78	0,66	0,80
2	0,55	0,43	0,41	0,39	0,42	0,50	2	0,79	0,69	0,79	0,76	0,81	0,68
3	0,39	0,45	0,47	0,52	0,49	0,51	3	0,78	0,73	0,69	0,76	0,69	0,70
4	0,46	0,51	0,39	0,40	0,41	0,45	4	0,68	0,73	0,78	0,77	0,75	0,81
5	0,43	0,47	0,43	0,50	0,43	0,44	5	0,81	0,75	0,8	0,77	0,76	0,69

Lanjutan...

Tabel 4.8 Data Hasil Pengukuran Waktu Siklus di SK 1 pada *Plug Cap* Tipe

LD05FTGK (Lanjutan)

SK 1 - Pemasangan <i>Resistor</i>							SK 1 - Pemasangan <i>Screw Washer C + A</i>						
Sub Grup	xi (detik)						Sub Grup	xi (detik)					
	x1	x2	x3	x4	x5	x6		x1	x2	x3	x4	x5	x6
1	0,55	0,62	0,64	0,58	0,57	0,56	1	0,76	0,76	0,66	0,80	0,65	0,74
2	0,63	0,62	0,55	0,69	0,57	0,61	2	0,66	0,65	0,76	0,75	0,66	0,65
3	0,58	0,56	0,53	0,63	0,61	0,59	3	0,70	0,69	0,73	0,70	0,68	0,80
4	0,65	0,62	0,61	0,67	0,64	0,58	4	0,63	0,68	0,75	0,69	0,72	0,76
5	0,63	0,62	0,57	0,59	0,66	0,63	5	0,73	0,67	0,68	0,66	0,72	0,65

(Sumber: Pengumpulan Data)

Proses di stasiun kerja 1,2,3,4,6 dan 7 tidak terdapat elemen kerja pengambilan material atau rakitan karena waktu proses pengambilan sangat singkat dan sulit untuk diukur. Oleh karena itu, waktu tersebut dimasukkan kedalam elemen kerja pertama di tiap stasiun kerja sehingga waktu elemen kerja pertama pada stasiun kerja sudah termasuk waktu proses pengambilan material atau rakitan. Data hasil pengukuran waktu siklus untuk kelima tipe *Plug Cap* yang diamati, yaitu tipe LD05FTGK, ND05FGA, SD05FEK, LD05FTIK dan LZFH dapat dilihat pada Lampiran B.

#### 4.1.9 Waktu *Setup* Mesin

Waktu *setup* mesin merupakan waktu persiapan mesin, yaitu menghidupkan mesin, memanaskan mesin dan memasang *dies*. Waktu *setup* masing-masing mesin pada lini perakitan *Plug Cap* dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Waktu *Setup* Tiap Mesin

Stasiun Kerja	Mesin	Waktu <i>Setup</i> (menit)	
		Menghidupkan dan Memanaskan	Memasang <i>Dies</i>
2	<i>Press 1</i>	10	5
4	<i>Press 2</i>	10	5
5	<i>BG Tester</i>	10	10

(Sumber: Pengumpulan Data)

#### 4.1.10 Waktu *Material Handling*

Waktu *material handling* merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memindahkan bahan atau rakitan dari satu stasiun kerja ke stasiun kerja lain. Pada lini perakitan *Plug Cap*, pemindahan bahan atau rakitan langsung diberikan dan diterima oleh operator pada stasiun kerja berikutnya. Diasumsikan bahwa waktu

proses pemindahan sangat singkat dan tidak dapat diukur sehingga dapat diabaikan, terkecuali pada pemindahan rakitan dari SK 6 ke SK 7 yang menggunakan *belt conveyor*. Data hasil waktu pemindahan rakitan dari SK 6 ke SK 7 dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Waktu *Material Handling* dari SK 6 ke SK 7

<i>Material Handling</i>						
Sub	xi (detik)					
Grup	x1	x2	x3	x4	x5	x6
1	0,53	0,54	0,59	0,48	0,49	0,55
2	0,62	0,49	0,47	0,61	0,60	0,57
3	0,47	0,49	0,63	0,54	0,55	0,58
4	0,60	0,59	0,49	0,47	0,62	0,62
5	0,48	0,53	0,58	0,53	0,54	0,48

(Sumber: Pengumpulan Data)

#### 4.1.11 Faktor Penyesuaian (*Rating Factor*)

Pemberian faktor penyesuaian ditentukan dan dilakukan dengan menggunakan tabel *Westing House Rating Factor*. Faktor penyesuaian operator pada lini perakitan *Plug Cap* dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Faktor Penyesuaian Operator Lini Perakitan *Plug Cap*

SK	Operator/ Proses	<i>Rating Factor (RF)</i>			Total	RF
		Indikator	Kelas	Nilai		
1	Jajang (Perakitan <i>Terminal Body</i> )	Keterampilan	<i>Good (C2)</i>	0,03	0,06	1,06
		Usaha	<i>Average (D)</i>	0		
		Kondisi Kerja	<i>Good (C)</i>	0,02		
		Konsistensi	<i>Good (C1)</i>	0,01		
2	Lan (Pengepresan 1)	Keterampilan	<i>Good (C2)</i>	0,03	0,10	1,10
		Usaha	<i>Good (C2)</i>	0,02		
		Kondisi Kerja	<i>Good (C)</i>	0,02		
		Konsistensi	<i>Excellent (B)</i>	0,03		
3	Mega (Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi)	Keterampilan	<i>Good (C2)</i>	0,03	0,06	1,06
		Usaha	<i>Average (D)</i>	0		
		Kondisi Kerja	<i>Good (C)</i>	0,02		
		Konsistensi	<i>Good (C1)</i>	0,01		

Lanjutan...

Tabel 4.11 Faktor Penyesuaian Operator Lini Perakitan *Plug Cap* (Lanjutan)

SK	Operator/ Proses	Rating Factor (RF)			Total	RF
		Indikator	Kelas	Nilai		
4	Fendi (Pengepresan 2)	Keterampilan	Good (C2)	0,03	0,10	1,10
		Usaha	Good (C2)	0,02		
		Kondisi Kerja	Good (C)	0,02		
		Konsistensi	Excellent (B)	0,03		
5	Har (Pengujian BG)	Keterampilan	Good (C1)	0,06	0,13	1,13
		Usaha	Good (C2)	0,02		
		Kondisi Kerja	Good (C)	0,02		
		Konsistensi	Excellent (B)	0,03		
6	Arif dan Anis (Pemasangan Rubber)	Keterampilan	Good (C2)	0,03	0,08	1,08
		Usaha	Good (C2)	0,02		
		Kondisi Kerja	Good (C)	0,02		
		Konsistensi	Good (C1)	0,01		
7	Panduan (Pengemasan)	Keterampilan	Good (C2)	0,03	0,11	1,11
		Usaha	Good (C1)	0,05		
		Kondisi Kerja	Good (C)	0,02		
		Konsistensi	Good (C1)	0,01		

(Sumber: Pengumpulan Data)

Faktor penyesuaian di setiap stasiun kerja berbeda-beda karena disesuaikan dengan keterampilan, usaha, kondisi kerja dan konsistensi dari operator yang mengerjakannya.

#### 4.1.12 Faktor Kelonggaran (*Allowance*)

Faktor kelonggaran diberikan untuk kompensasi keperluan bagi operator. Faktor kelonggaran yang diberikan oleh PT NGK Busi Indonesia sebesar 10%, perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Faktor Kelonggaran Lini Perakitan *Plug Cap*

No.	Indikator	Faktor Kelonggaran	Persentase
1	Kebutuhan Pribadi	Pria dan Wanita	1%
2	Keadaan Lingkungan	Siklus Kerja Berulang - Ulang Antara 5 - 10 Detik	2%
3	Tenaga yang Dikeluarkan	Sangat Ringan	3%
4	Sikap Kerja	Duduk	1%
5	Gerakan Kerja	Normal	0%
6	Kelelahan Mata	Pandangan Terus Menerus	1%
7	Temperatur Tempat Kerja	Normal	2%
Total			10%

(Sumber: Pengumpulan Data)

## 4.2 Pengolahan Data

#### 4.2.1 Perhitungan Waktu Siklus (WS)

Setelah melakukan pengukuran data waktu siklus, tahap selanjutnya adalah menghitung waktu siklus yang bertujuan untuk mengetahui waktu siklus terpanjang dari setiap elemen kerja pada masing-masing stasiun kerja (SK). Dalam menghitung waktu siklus, data yang telah dikumpulkan harus dirata-ratakan terlebih dahulu. Waktu siklus elemen kerja “Penyusunan *Body* (1)” pada SK 1 untuk *Plug Cap* tipe LD05FTGK dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Waktu Siklus Elemen Kerja Penyusunan *Body* (1) di SK 1 pada *Plug Cap* Tipe LD05FTGK

SK 1 - Penyusunan <i>Body</i> (1)							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,46	0,50	0,44	0,40	0,51	0,43	0,46
2	0,55	0,43	0,41	0,39	0,42	0,50	0,45
3	0,39	0,45	0,47	0,52	0,49	0,51	0,47
4	0,46	0,51	0,39	0,40	0,41	0,45	0,44
5	0,43	0,47	0,43	0,50	0,43	0,44	0,45
Total (detik)							2,27
Rata-rata (detik)							0,45

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Contoh perhitungan waktu siklus elemen kerja “Penyusunan *Body* (1)” pada stasiun kerja 1 untuk *Plug Cap* tipe LD05FTGK adalah sebagai berikut:

Mencari rata-rata sub grup (waktu siklus)

$$\text{Waktu siklus sub grup 1 } (\bar{x}) = \frac{0,46+0,50+0,44+0,40+0,51+0,43}{6} = 0,46 \text{ detik, dan seterusnya.}$$

$$\text{Maka, waktu siklus rata-rata } (\bar{\bar{x}}) = \frac{0,46+0,45+0,47+0,44+0,45}{5} = 0,45 \text{ detik}$$

Hasil perhitungan waktu siklus rata-rata seluruh elemen kerja untuk proses perakitan kelima tipe *Plug Cap* pada lini perakitan *Plug Cap* dan waktu *material handling* dapat dilihat pada Lampiran B. Rekapitulasi waktu siklus rata-rata elemen kerja dan total waktu siklus untuk proses perakitan kelima tipe *Plug Cap* diseluruh stasiun kerja pada lini perakitan *Plug Cap* dapat dilihat pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14. Rekapitulasi Waktu Siklus Rata-rata Elemen Kerja Perakitan Kelima Tipe *Plug Cap* di Seluruh Stasiun Kerja

**Plug Cap Tipe LD05FTGK**

<b>SK</b>	<b>Proses</b>	<b>No</b>	<b>Elemen Kerja</b>	<b>Waktu Siklus Rata-Rata (detik/unit)</b>	<b>Total WS (detik/unit)</b>
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	1.1	Penyusunan <i>Body</i> (1)	0,45	2,51
		1.2	Pemasangan <i>Spring</i>	0,75	
		1.3	Pemasangan <i>Resistor</i>	0,61	
		1.4	Pemasangan <i>Screw Washer C + A</i>	0,70	
2	Pengepresan 1	2	Pengepresan fase 1	1,97	1,97
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	3.1	Penyusunan <i>Body</i> (2)	0,47	2,04
		3.2	Pemasangan <i>Washer C (double)</i>	1,57	
4	Pengepresan 2	4	Pengepresan fase 2	1,57	1,57
5	Pengujian BG	5.1	Pengambilan Rakitan	0,66	1,37
		5.2	Pengujian Rakitan	0,71	
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	6	Pemasangan <i>Rubber</i>	5,60	5,60
7	Pengemasan	7.1	Pemasangan <i>Barcode</i>	0,11	1,76
		7.2	Inspeksi Visual	1,53	
		7.3	Pengemasan	0,12	
<b>Total (detik/unit)</b>				<b>16,82</b>	<b>16,82</b>

**Plug Cap Tipe ND05FGA**

<b>SK</b>	<b>Proses</b>	<b>No</b>	<b>Elemen Kerja</b>	<b>Waktu Siklus Rata-Rata (detik/unit)</b>	<b>Total WS (detik/unit)</b>
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	1.1	Penyusunan <i>Body</i>	0,52	2,26
		1.2	Pemasangan <i>Spring</i>	0,69	
		1.3	Pemasangan <i>Resistor</i>	0,54	
		1.4	Pemasangan <i>Connector</i>	0,51	
2	Pengepresan 1	2	Pengepresan	2,25	2,25
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	3	Inspeksi Kedalaman	1,29	1,29
5	Pengujian BG	5.1	Pengambilan Rakitan	0,96	1,79
		5.2	Pengujian Rakitan	0,83	
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	6	Pemasangan <i>Rubber</i>	6,52	6,52
7	Pengemasan	7.1	Pemasangan <i>Barcode</i>	0,18	1,90
		7.2	Inspeksi Visual	1,57	
		7.3	Pengemasan	0,15	
<b>Total (detik/unit)</b>				<b>16,01</b>	<b>16,01</b>

**Plug Cap Tipe SD05FEK**

<b>SK</b>	<b>Proses</b>	<b>No</b>	<b>Elemen Kerja</b>	<b>Waktu Siklus Rata-Rata (detik/unit)</b>	<b>Total WS (detik/unit)</b>
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	1.1	Penyusunan <i>Body</i> (1)	0,44	2,54
		1.2	Pemasangan <i>Spring (double)</i>	0,98	
		1.3	Pemasangan <i>Resistor</i>	0,66	
		1.4	Pemasangan <i>Screw Washer A</i>	0,46	

Lanjutan...

Tabel 4.14. Rekapitulasi Waktu Siklus Rata-rata Elemen Kerja Perakitan Kelima Tipe *Plug Cap* di Seluruh Stasiun Kerja (Lanjutan)

**Plug Cap Tipe SD05FEK**

<b>SK</b>	<b>Proses</b>	<b>No</b>	<b>Elemen Kerja</b>	<b>Waktu Siklus Rata-Rata (detik/unit)</b>	<b>Total WS (detik/unit)</b>
2	Pengepresan 1	2	Pengepresan fase 1	1,74	1,74
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	3.1	Penyusunan <i>Body</i> (2)	0,44	1,33
		3.2	Pemasangan <i>Washer C</i>	0,89	
4	Pengepresan 2	4	Pengepresan fase 2	1,47	1,47
5	Pengujian BG	5.1	Pengambilan Rakitan	0,59	1,38
		5.2	Pengujian Rakitan	0,79	
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	6	Pemasangan <i>Rubber</i>	5,43	5,43
7	Pengemasan	7.1	Pemasangan <i>Barcode</i>	0,15	1,77
		7.2	Inspeksi Visual	1,49	
		7.3	Pengemasan	0,13	
<b>Total (detik/unit)</b>				<b>15,66</b>	<b>15,66</b>

**Plug Cap Tipe LD05FTIK**

<b>SK</b>	<b>Proses</b>	<b>No</b>	<b>Elemen Kerja</b>	<b>Waktu Siklus Rata-Rata (detik/unit)</b>	<b>Total WS (detik/unit)</b>
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	1.1	Penyusunan <i>Body</i> (1)	0,47	2,37
		1.2	Pemasangan <i>Spring</i>	0,69	
		1.3	Pemasangan <i>Resistor</i>	0,58	
		1.4	Pemasangan <i>Screw Washer C + A</i>	0,63	
2	Pengepresan 1	2	Pengepresan fase 1	1,91	1,91
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	3.1	Penyusunan <i>Body</i> (2)	0,49	1,97
		3.2	Pemasangan <i>Washer C (double)</i>	1,48	
4	Pengepresan 2	4	Pengepresan fase 2	1,53	1,53
5	Pengujian BG	5.1	Pengambilan Rakitan	0,65	1,38
		5.2	Pengujian Rakitan	0,73	
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	6	Pemasangan <i>Rubber</i>	5,72	5,72
7	Pengemasan	7.1	Pemasangan <i>Barcode</i>	0,17	1,79
		7.2	Inspeksi Visual	1,49	
		7.3	Pengemasan	0,13	
<b>Total (detik/unit)</b>				<b>16,67</b>	<b>16,67</b>

**Plug Cap Tipe LZFH**

<b>SK</b>	<b>Proses</b>	<b>No</b>	<b>Elemen Kerja</b>	<b>Waktu Siklus Rata-Rata (detik/unit)</b>	<b>Total WS (detik/unit)</b>
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	1.1	Penyusunan <i>Body</i> (1)	0,47	2,32
		1.2	Pemasangan <i>Spring</i>	0,66	
		1.3	Pemasangan <i>Resistor</i>	0,64	
		1.4	Pemasangan <i>Screw Washer A</i>	0,55	
2	Pengepresan 1	2	Pengepresan fase 1	1,88	1,88
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	3.1	Penyusunan <i>Body</i> (2)	0,50	1,41
		3.2	Pemasangan <i>Washer C</i>	0,91	

Lanjutan...

Tabel 4.14. Rekapitulasi Waktu Siklus Rata-rata Elemen Kerja Perakitan Kelima *Plug Cap* di Seluruh Stasiun Kerja (Lanjutan)

**Plug Cap Tipe LZFH**

SK	Proses	No	Elemen Kerja	Waktu Siklus Rata-Rata (detik/unit)	Total WS (detik/unit)
4	Pengepresan 2	4	Pengepresan fase 2	1,61	1,61
5	Pengujian BG	5.1	Pengambilan Rakitan	0,62	1,37
		5.2	Pengujian Rakitan	0,75	
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	6	Pemasangan <i>Rubber</i>	5,71	5,71
7	Pengemasan	7.1	Pemasangan <i>Barcode</i>	0,13	1,88
		7.2	Inspeksi Visual	1,60	
		7.3	Pengemasan	0,15	
<b>Total (detik/unit)</b>				<b>16,18</b>	<b>16,18</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Waktu siklus untuk *material handling* dari SK 6 ke SK 7 sebesar 0,54 detik/unit.

#### 4.2.2 Uji Statistik

Dari data elemen kerja yang telah didapat pada langkah sebelumnya, maka selanjutnya dilakukan pengujian data tersebut dengan uji statistik.

##### 1. Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dilakukan untuk mencari nilai  $N'$  dengan ketentuan bahwa data sudah mencukupi bila  $N > N'$  ( $N=5$ ). Perhitungan uji kecukupan data yang dilakukan menggunakan tingkat keyakinan 95% dan ketelitian 10%. Hasil uji kecukupan data terhadap nilai rata-rata waktu siklus yang diperoleh dari elemen kerja "Penyusunan *Body* (1)" di SK 1 pada *Plug Cap* tipe LD05FTGK dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Uji Kecukupan Data Elemen Kerja Penyusunan *Body* (1) di SK 1 pada *Plug Cap* Tipe LD05FTGK

SK 1 - Perakitan <i>Terminal Body</i>		
No Elemen Kerja	1.1	
Sub Grup	x	$x^2$
1	0,46	0,21
2	0,45	0,20
3	0,47	0,22
4	0,44	0,19
5	0,45	0,20
$\Sigma$ (detik)	2,27	1,03

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Diketahui :

$$N = 5$$

$$(\sum Xi^2) = 1,03$$

$$(\sum Xi)^2 = (2,27)^2 = 5,15$$

Perhitungan uji kecukupan data elemen kerja Penyusunan *Body* (1) di SK 1 pada *Plug Cap* tipe LD05FTGK sebagai berikut:

$$N' = \left[ \frac{20 \sqrt{N(\sum Xi^2) - (\sum Xi)^2}}{\sum Xi} \right]^2 \quad (\text{persamaan 2.7})$$

$$N' = \left[ \frac{20 \sqrt{5(1,03) - 5,15}}{2,27} \right]^2$$

$$N' = \left[ \frac{1,14}{2,27} \right]^2$$

$$N' = 0,50^2$$

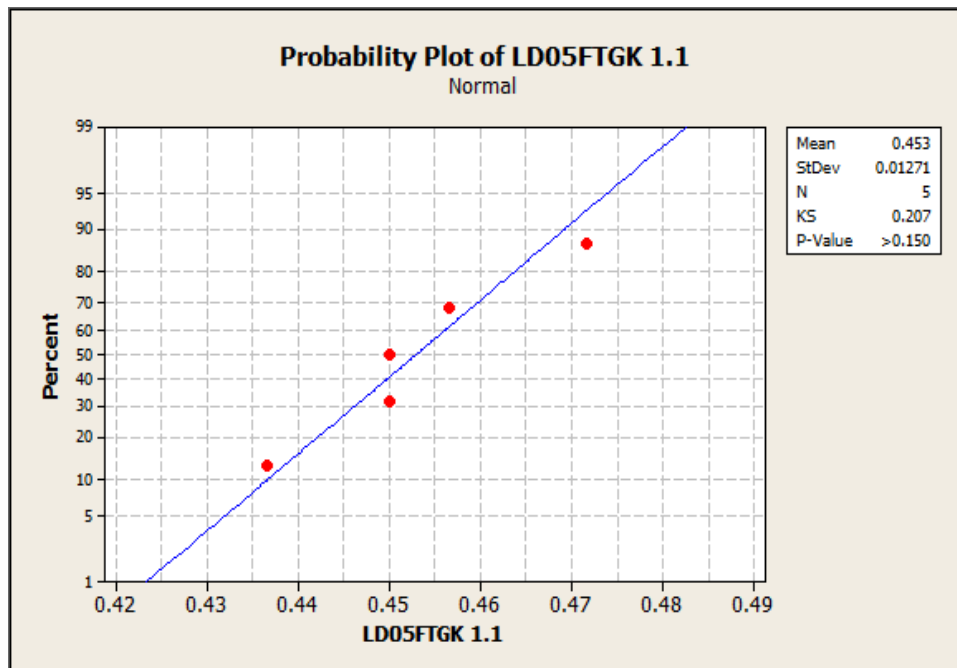
$$N' = 0,25$$

Berdasarkan hasil uji kecukupan data untuk elemen kerja “Penyusunan *Body* (1)” di SK 1 pada *Plug Cap* tipe LD05FTGK didapatkan  $N'(0,25) < N(5)$ , maka data yang diamati dapat dinyatakan sudah mencukupi.

## 2. Uji Kenormalan Data

Uji kenormalan data digunakan untuk membuktikan bahwa sampel yang diuji memenuhi kriteria berhipotesis nol yaitu sampel tersebut berdistribusi normal atau sebaliknya. Untuk melaksanakan uji kenormalan data hasil perhitungan menggunakan bantuan Uji *Kolmogorov–Smirnov* yang terdapat dalam *software Minitab* 16. Hasil dari uji kenormalan data dapat diketahui bahwa, jika nilai *Approximate P-Value* lebih besar dari tingkat ketelitian ( $0,15 > 0,10$ ), maka data tersebut terdistribusi normal.

Hasil uji kenormalan data terhadap nilai rata-rata waktu siklus yang diperoleh dari elemen kerja “Penyusunan *Body* (1)” di SK 1 pada *Plug Cap* tipe LD05FTGK berdasarkan Tabel 4.13 dapat dilihat pada Gambar 4.4.



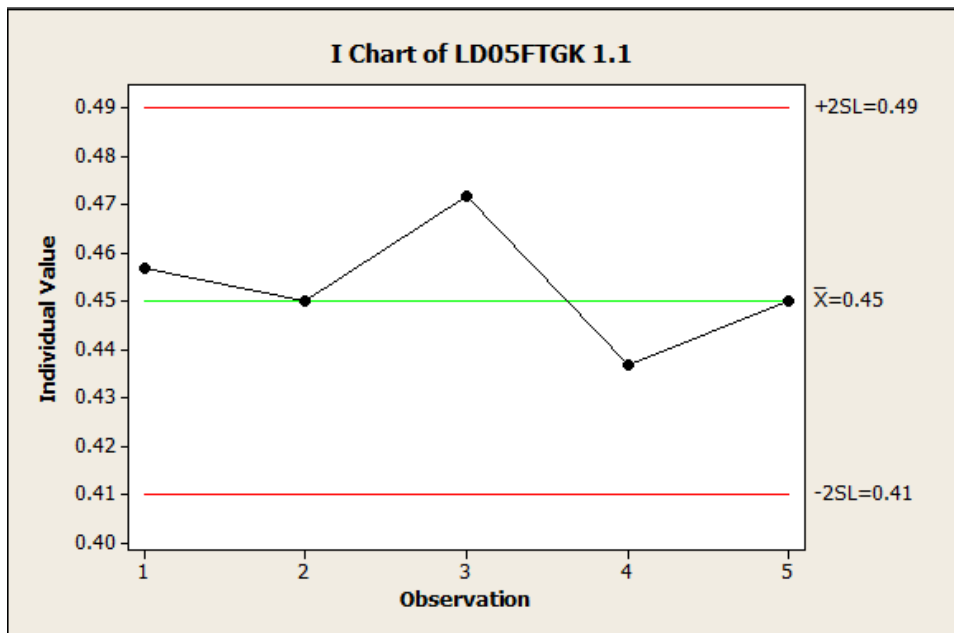
Gambar 4.4 Uji Kenormalan Data Elemen Kerja Penyusunan *Body* (1) SK1 Perakitan *Plug Cap* Tipe LD05FTGK  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Gambar 4.4, nilai *Approximate P-Value* adalah  $> 0,15$  atau probabilitas diatas 0,10 ( $0,15 > 0,10$ ) maka data tersebut diterima atau berdistribusi normal.

### 3. Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan dengan tujuan untuk mengidentifikasi adanya data yang menyimpang dari rata-rata sebenarnya dikarenakan adanya data yang terlalu besar atau terlalu kecil. Dari data yang diuji akan didapat batas kontrol, sehingga data dapat dikatakan seragam apabila berada diantara batas kontrol tersebut. Batas kontrol dibagi menjadi dua, yaitu *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL). Uji keseragaman data ini menggunakan *software Minitab* 16 dengan tingkat keyakinan 95% dan ketelitian 10%.

Hasil uji keseragaman data terhadap nilai rata-rata waktu siklus yang diperoleh dari elemen kerja “Penyusunan *Body* (1)” di SK 1 pada *Plug Cap* tipe LD05FTGK berdasarkan Tabel 4.13 dapat dilihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Uji Keseragaman Data Elemen Kerja Penyusunan *Body* (1) SK1 Perakitan *Plug Cap* Tipe LD05FTGK  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Gambar 4.5, seluruh data berada diantara *Upper Control Limit* (UCL) dan *Lower Control Limit* (LCL), maka data tersebut telah seragam.

Uji statistik data seluruh elemen kerja untuk masing-masing stasiun kerja setiap tipe *Plug Cap* dapat dilihat pada Lampiran C. Rekapitulasi semua uji statistik seluruh elemen kerja untuk proses produksi kelima tipe *Plug Cap* di seluruh stasiun kerja pada lini perakitan *Plug Cap* dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16. Rekapitulasi Semua Uji Statistik Seluruh Elemen Kerja Perakitan Kelima Tipe *Plug Cap* di Seluruh Stasiun Kerja pada Lini Perakitan *Plug Cap*

<i>Plug Cap</i> Tipe LD05FTGK														
SK	Proses	No	Elemen Kerja	Uji Statistik										
				Uji Kecukupan Data			Uji Kenormalan Data			Uji Keseragaman Data				
				N'	N	Keterangan	Populasi	Approximate P-Value	Keterangan	$\bar{x}$	UCL	LCL	Out Of Control	Keterangan
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	1.1	Penyusunan <i>Body</i> (1)	0,25	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,45	0,49	0,41	0	Seragam
		1.2	Pemasangan <i>Spring</i>	0,14	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,75	0,79	0,71	0	Seragam
		1.3	Pemasangan <i>Resistor</i>	0,33	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,61	0,65	0,57	0	Seragam
		1.4	Pemasangan <i>Screw Washer C + A</i>	0,22	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,70	0,74	0,66	0	Seragam
2	Pengepresan 1	2	Pengepresan fase 1	0,04	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,97	2,03	1,91	0	Seragam
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	3.1	Penyusunan <i>Body</i> (2)	0,12	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,47	0,49	0,45	0	Seragam
4	Pengepresan 2	4	Pengepresan fase 2	0,02	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,57	1,63	1,51	0	Seragam
5	Pengujian BG	5.1	Pengambilan Rakitan	0,11	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,66	0,72	0,61	0	Seragam
		5.2	Pengujian Rakitan	0,08	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,71	0,73	0,69	0	Seragam
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	6	Pemasangan <i>Rubber</i>	0,08	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	5,60	5,80	5,40	0	Seragam
7	Pengemasan	7.1	Pemasangan <i>Barcode</i>	1,52	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,11	0,13	0,09	0	Seragam
		7.2	Inspeksi Visual	0,02	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,53	1,57	1,49	0	Seragam
		7.3	Pengemasan	2,86	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,12	0,14	0,10	0	Seragam

<i>Plug Cap</i> Tipe ND05FGA														
SK	Proses	No	Elemen Kerja	Uji Statistik										
				Uji Kecukupan Data			Uji Kenormalan Data			Uji Keseragaman Data				
				N'	N	Keterangan	Populasi	Approximate P-Value	Keterangan	$\bar{x}$	UCL	LCL	Out Of Control	Keterangan
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	1.1	Penyusunan <i>Body</i>	0,20	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,52	0,56	0,48	0	Seragam
		1.2	Pemasangan <i>Spring</i>	0,19	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,69	0,75	0,63	0	Seragam
		1.3	Pemasangan <i>Resistor</i>	0,36	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,54	0,58	0,50	0	Seragam
		1.4	Pemasangan <i>Connector</i>	0,33	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,51	0,55	0,47	0	Seragam

Lanjutan...

Tabel 4.16. Rekapitulasi Semua Uji Statistik Seluruh Elemen Kerja Perakitan Kelima Tipe *Plug Cap* di Seluruh Stasiun Kerja pada Lini Perakitan *Plug Cap* (Lanjutan)

*Plug Cap* Tipe ND05FGA

SK	Proses	No	Elemen Kerja	Uji Statistik										
				Uji Kecukupan Data			Uji Kenormalan Data			Uji Keseragaman Data				
				N'	N	Keterangan	Populasi	Approximate P-Value	Keterangan	$\bar{x}$	UCL	LCL	Out Of Control	Keterangan
2	Pengepresan 1	2	Pengepresan	0,20	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	2,25	2,39	2,11	0	Seragam
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	3	Inspeksi Kedalaman	0,05	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,29	1,37	1,21	0	Seragam
5	Pengujian BG	5.1	Pengambilan Rakitan	0,56	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,96	1,06	0,86	0	Seragam
		5.2	Pengujian Rakitan	0,12	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,83	0,87	0,79	0	Seragam
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	6	Pemasangan <i>Rubber</i>	0,04	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	6,52	6,80	6,24	0	Seragam
7	Pengemasan	7.1	Pemasangan <i>Barcode</i>	0,43	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,18	0,20	0,17	0	Seragam
		7.2	Inspeksi Visual	0,10	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,57	1,65	1,49	0	Seragam
		7.3	Pengemasan	1,42	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,15	0,17	0,13	0	Seragam

*Plug Cap* Tipe SD05FEK

SK	Proses	No	Elemen Kerja	Uji Statistik										
				Uji Kecukupan Data			Uji Kenormalan Data			Uji Keseragaman Data				
				N'	N	Keterangan	Populasi	Approximate P-Value	Keterangan	$\bar{x}$	UCL	LCL	Out Of Control	Keterangan
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	1.1	Penyusunan <i>Body</i> (1)	0,46	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,44	0,48	0,40	0	Seragam
		1.2	Pemasangan <i>Spring</i> ( <i>double</i> )	0,10	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,98	1,06	0,90	0	Seragam
		1.3	Pemasangan <i>Resistor</i>	0,11	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,66	0,70	0,62	0	Seragam
		1.4	Pemasangan <i>Screw Washer A</i>	0,19	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,46	0,50	0,42	0	Seragam
2	Pengepresan 1	2	Pengepresan fase 1	0,04	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,74	1,84	1,64	0	Seragam
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	3.1	Penyusunan <i>Body</i> (2)	0,17	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,44	0,48	0,40	0	Seragam
		3.2	Pemasangan <i>Washer C</i>	0,04	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,89	0,97	0,81	0	Seragam
4	Pengepresan 2	4	Pengepresan fase 2	0,06	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,47	1,53	1,41	0	Seragam

Lanjutan...

Tabel 4.16. Rekapitulasi Semua Uji Statistik Seluruh Elemen Kerja Perakitan Kelima Tipe *Plug Cap* di Seluruh Stasiun Kerja pada Lini Perakitan *Plug Cap* (Lanjutan)

*Plug Cap* Tipe SD05FEK

SK	Proses	No	Elemen Kerja	Uji Statistik										
				Uji Kecukupan Data			Uji Kenormalan Data			Uji Keseragaman Data				
				N'	N	Keterangan	Populasi	Approximate P-Value	Keterangan	$\bar{x}$	UCL	LCL	Out Of Control	Keterangan
5	Pengujian BG	5.1	Pengambilan Rakitan	0,58	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,59	0,63	0,55	0	Seragam
		5.2	Pengujian Rakitan	0,28	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,79	0,85	0,73	0	Seragam
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	6	Pemasangan <i>Rubber</i>	0,01	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	5,43	5,54	5,33	0	Seragam
7	Pengemasan	7.1	Pemasangan <i>Barcode</i>	1,42	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,15	0,17	0,13	0	Seragam
		7.2	Inspeksi Visual	0,03	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,49	1,54	1,44	0	Seragam
		7.3	Pengemasan	2,00	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,13	0,15	0,11	0	Seragam

*Plug Cap* Tipe LD05FTIK

SK	Proses	No	Elemen Kerja	Uji Statistik										
				Uji Kecukupan Data			Uji Kenormalan Data			Uji Keseragaman Data				
				N'	N	Keterangan	Populasi	Approximate P-Value	Keterangan	$\bar{x}$	UCL	LCL	Out Of Control	Keterangan
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	1.1	Penyusunan <i>Body</i> (1)	0,52	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,47	0,51	0,43	0	Seragam
		1.2	Pemasangan <i>Spring</i>	0,30	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,69	0,75	0,63	0	Seragam
		1.3	Pemasangan <i>Resistor</i>	0,34	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,58	0,62	0,54	0	Seragam
		1.4	Pemasangan <i>Screw Washer C + A</i>	0,28	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,63	0,67	0,59	0	Seragam
2	Pengepresan 1	2	Pengepresan fase 1	0,01	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,91	1,99	1,83	0	Seragam
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	3.1	Penyusunan <i>Body</i> (2)	0,19	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,49	0,51	0,47	0	Seragam
		3.2	Pemasangan <i>Washer C (double)</i>	0,09	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,48	1,54	1,42	0	Seragam
4	Pengepresan 2	4	Pengepresan fase 2	0,02	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,53	1,57	1,49	0	Seragam
5	Pengujian BG	5.1	Pengambilan Rakitan	0,17	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,65	0,69	0,61	0	Seragam
		5.2	Pengujian Rakitan	0,21	5	Cukup	0,10	0,13	Normal	0,73	0,75	0,70	0	Seragam
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	6	Pemasangan <i>Rubber</i>	0,01	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	5,72	5,92	5,52	0	Seragam

Lanjutan...

Tabel 4.16. Rekapitulasi Semua Uji Statistik Seluruh Elemen Kerja Perakitan Kelima Tipe *Plug Cap* di Seluruh Stasiun Kerja pada Lini Perakitan *Plug Cap* (Lanjutan)

<i>Plug Cap</i> Tipe LD05FTIK														
SK	Proses	No	Elemen Kerja	Uji Statistik										
				Uji Kecukupan Data			Uji Kenormalan Data			Uji Keseragaman Data				
				N'	N	Keterangan	Populasi	Approximate P-Value	Keterangan	$\bar{x}$	UCL	LCL	Out Of Control	Keterangan
7	Pengemasan	7.1	Pemasangan <i>Barcode</i>	1,20	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,17	0,19	0,15	0	Seragam
		7.2	Inspeksi Visual	0,04	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,49	1,55	1,43	0	Seragam
		7.3	Pengemasan	2,10	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,13	0,15	0,11	0	Seragam
<i>Plug Cap</i> Tipe LZFH														
SK	Proses	No	Elemen Kerja	Uji Statistik										
				Uji Kecukupan Data			Uji Kenormalan Data			Uji Keseragaman Data				
				N'	N	Keterangan	Populasi	Approximate P-Value	Keterangan	$\bar{x}$	UCL	LCL	Out Of Control	Keterangan
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	1.1	Penyusunan <i>Body</i> (1)	0,58	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,47	0,51	0,43	0	Seragam
		1.2	Pemasangan <i>Spring</i>	0,13	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,66	0,70	0,62	0	Seragam
		1.3	Pemasangan <i>Resistor</i>	0,25	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,64	0,68	0,60	0	Seragam
		1.4	Pemasangan <i>Screw Washer A</i>	0,61	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,55	0,59	0,51	0	Seragam
2	Pengepresan 1	2	Pengepresan fase 1	0,07	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,88	1,96	1,80	0	Seragam
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	3.1	Penyusunan <i>Body</i> (2)	0,80	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,50	0,54	0,46	0	Seragam
		3.2	Pemasangan <i>Washer C</i>	0,38	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,91	0,99	0,83	0	Seragam
4	Pengepresan 2	4	Pengepresan fase 2	0,04	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,61	1,67	1,55	0	Seragam
5	Pengujian BG	5.1	Pengambilan Rakitan	0,24	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,62	0,66	0,58	0	Seragam
		5.2	Pengujian Rakitan	0,29	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,75	0,79	0,71	0	Seragam
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	6	Pemasangan <i>Rubber</i>	0,00	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	5,71	5,89	5,53	0	Seragam
7	Pengemasan	7.1	Pemasangan <i>Barcode</i>	2,10	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,13	0,15	0,11	0	Seragam
		7.2	Inspeksi Visual	0,01	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	1,60	1,66	1,54	0	Seragam
		7.3	Pengemasan	1,42	5	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,15	0,17	0,13	0	Seragam
<i>Material Handling</i>				0,36	30	Cukup	0,10	0,15	Normal	0,54	0,58	0,53	0	Seragam

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### 4.2.3 Perhitungan Waktu Normal (WN) dan Waktu Baku (WB)

Waktu normal untuk setiap stasiun kerja diperoleh dengan cara mengalikan waktu siklus yang diperoleh dengan faktor penyesuaian atau *rating factor* (persamaan 2.5). Perhitungan waktu normal untuk stasiun kerja 1 (Perakitan *Terminal Body*) pada *Plug Cap* tipe LD05FTGK yaitu sebagai berikut:

Diketahui: WS = 2,51 detik (Tabel 4.14) ; RF = 1,06 (Tabel 4.11)

$$WN = 2,51 \times 1,06$$

$$WN = 2,66 \text{ detik}$$

Waktu baku dihitung dengan cara mengalikan waktu normal dengan faktor kelonggaran atau *allowance* (persamaan 2.6). Faktor kelonggaran yang diberikan oleh PT NGK Busi Indonesia adalah sebesar 0,10 atau 10%. Perhitungan waktu baku untuk stasiun kerja 1 (Perakitan *Terminal Body*) pada *Plug Cap* tipe LD05FTGK yaitu sebagai berikut:

Diketahui: WN = 2,66 detik (Tabel 4.17) ; *Allowance* = 1,10 (Tabel 4.12)

$$WB = 2,66 \times 1,10$$

$$WB = 2,91 \text{ detik}$$

Penggunaan cara yang sama, hasil perhitungan waktu normal dan waktu baku untuk proses perakitan kelima tipe *Plug Cap* di seluruh stasiun kerja pada lini perakitan *Plug Cap* dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17. Rekapitulasi Waktu Normal dan Waktu Baku Perakitan Kelima Tipe *Plug Cap* di Seluruh Stasiun Kerja

#### *Plug Cap* Tipe LD05FTGK

SK	Proses	Total WS (detik/unit)	<i>Rating Factor</i>	Total WN (detik/unit)	<i>Allowance</i>	Total WB (detik/unit)
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	2,51	1,06	2,66	1,10	2,91
2	Pengepresan 1	1,97	1,10	2,17	1,10	2,37
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	2,04	1,06	2,16	1,10	2,37
4	Pengepresan 2	1,57	1,10	1,73	1,10	1,89
5	Pengujian BG	1,37	1,13	1,55	1,10	1,70
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	5,60	1,08	6,05	1,10	6,62
7	Pengemasan	1,76	1,11	1,95	1,10	2,14
<b>Total (detik/unit)</b>		<b>16,82</b>		<b>18,27</b>		<b>20,00</b>

Lanjutan...

Tabel 4.17. Rekapitulasi Waktu Normal dan Waktu Baku Perakitan Kelima Tipe *Plug Cap* di Seluruh Stasiun Kerja (Lanjutan)

**Plug Cap Tipe ND05FGA**

<b>SK</b>	<b>Proses</b>	<b>Total WS (detik/unit)</b>	<b>Rating Factor</b>	<b>Total WN (detik/unit)</b>	<b>Allowance</b>	<b>Total WB (detik/unit)</b>
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	2,26	1,06	2,40	1,10	2,62
2	Pengepresan 1	2,25	1,10	2,48	1,10	2,71
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	1,29	1,06	1,37	1,10	1,50
5	Pengujian BG	1,79	1,13	2,02	1,10	2,21
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	6,52	1,08	7,04	1,10	7,71
7	Pengemasan	1,90	1,11	2,11	1,10	2,31
<b>Total (detik/unit)</b>		<b>16,01</b>		<b>17,41</b>		<b>19,07</b>

**Plug Cap Tipe SD05FEK**

<b>SK</b>	<b>Proses</b>	<b>Total WS (detik/unit)</b>	<b>Rating Factor</b>	<b>Total WN (detik/unit)</b>	<b>Allowance</b>	<b>Total WB (detik/unit)</b>
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	2,54	1,06	2,69	1,10	2,95
2	Pengepresan 1	1,74	1,10	1,91	1,10	2,10
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	1,33	1,06	1,41	1,10	1,54
4	Pengepresan 2	1,47	1,10	1,62	1,10	1,77
5	Pengujian BG	1,38	1,13	1,56	1,10	1,71
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	5,43	1,08	5,86	1,10	6,42
7	Pengemasan	1,77	1,11	1,96	1,10	2,15
<b>Total (detik/unit)</b>		<b>15,66</b>		<b>17,02</b>		<b>18,64</b>

**Plug Cap Tipe LD05FTIK**

<b>SK</b>	<b>Proses</b>	<b>Total WS (detik/unit)</b>	<b>Rating Factor</b>	<b>Total WN (detik/unit)</b>	<b>Allowance</b>	<b>Total WB (detik/unit)</b>
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	2,37	1,06	2,51	1,10	2,75
2	Pengepresan 1	1,91	1,10	2,10	1,10	2,30
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	1,97	1,06	2,09	1,10	2,29
4	Pengepresan 2	1,53	1,10	1,68	1,10	1,84
5	Pengujian BG	1,38	1,13	1,56	1,10	1,71
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	5,72	1,08	6,18	1,10	6,76
7	Pengemasan	1,79	1,11	1,99	1,10	2,18
<b>Total (detik/unit)</b>		<b>16,67</b>		<b>18,11</b>		<b>19,83</b>

**Plug Cap Tipe LZFH**

<b>SK</b>	<b>Proses</b>	<b>Total WS (detik/unit)</b>	<b>Rating Factor</b>	<b>Total WN (detik/unit)</b>	<b>Allowance</b>	<b>Total WB (detik/unit)</b>
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	2,32	1,06	2,46	1,10	2,69

Lanjutan...

Tabel 4.17. Rekapitulasi Waktu Normal dan Waktu Baku Perakitan Kelima Tipe *Plug Cap* di Seluruh Stasiun Kerja (Lanjutan)

**Plug Cap Tipe LZFH**

SK	Proses	Total WS (detik/unit)	Rating Factor	Total WN (detik/unit)	Allowance	Total WB (detik/unit)
2	Pengepresan 1	1,88	1,10	2,07	1,10	2,26
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	1,41	1,06	1,49	1,10	1,64
4	Pengepresan 2	1,61	1,10	1,77	1,10	1,94
5	Pengujian BG	1,37	1,13	1,55	1,10	1,70
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	5,71	1,08	6,17	1,10	6,75
7	Pengemasan	1,88	1,11	2,09	1,10	2,29
<b>Total (detik/unit)</b>		<b>16,18</b>		<b>17,59</b>		<b>19,27</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Perhitungan waktu normal dan waktu baku untuk *material handling* tidak dilakukan karena pemindahan rakitan menggunakan *belt conveyor* sehingga tidak ada faktor penyesuaian dan faktor kelonggaran. Waktu *material handling* yang digunakan adalah waktu siklus dari *material handling* tersebut.

#### 4.2.4 Perhitungan Kapasitas Tersedia

Perhitungan kapasitas yang tersedia (*Capacity Available/CA*) dilakukan untuk mengetahui kapasitas yang tersedia di pabrik untuk setiap stasiun kerja. Perhitungan kapasitas tersedia untuk stasiun kerja 1 adalah sebagai berikut:

Diketahui: Total Jam Kerja = 27.990 menit (Tabel 4.7)

Utilitas = 95 % (Tabel 4.5)

Efisiensi = 92 % (Tabel 4.5)

Kapasitas Tersedia (SK1) = Waktu Kerja Tersedia\* x Utilitas x Efisiensi  
(persamaan 2.13)

= (Total Jam Kerja x Jumlah Operator) x Utilitas x Efisiensi

= (27.990 menit x 1) x 95% x 92% = 24.463,26 menit

\* untuk perhitungan kapasitas tersedia berdasarkan jumlah operator pada masing-masing stasiun kerja (Tabel 4.5).

Rekapitulasi hasil perhitungan kapasitas yang tersedia untuk setiap stasiun kerja di lini perakitan *Plug Cap* dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas Tersedia Setiap Stasiun Kerja Lini Perakitan *Plug Cap*

SK	Proses	Jumlah Operator (orang)	Utilitas (%)	Efisiensi (%)	Total Jam Kerja (menit)	Kapasitas Tersedia (menit)
A	B	C	D	E	F	G = CxDxExF
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	1	95	92	27.990	24.463
2	Pengepresan 1	1	95	92	27.990	24.463
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	1	95	92	27.990	24.463
4	Pengepresan 2	1	95	92	27.990	24.463
5	Pengujian BG	1	95	92	27.990	24.463
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	2	95	92	27.990	48.927
7	Pengemasan	1	95	92	27.990	24.463

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

#### 4.2.5 Perhitungan Kapasitas Dibutuhkan

Perhitungan kapasitas yang dibutuhkan (*Capacity Requirement/ CR*) dilakukan untuk mengetahui kapasitas yang dibutuhkan setiap stasiun kerja dalam memproduksi produk sesuai dengan target produksinya. Menghitung CR yaitu dengan cara penjumlahan dari seluruh perkalian waktu baku tiap tipe per SK (Tabel 4.18) dengan permintaan produk per tipe (Tabel 4.3). Perhitungan kapasitas yang dibutuhkan untuk stasiun kerja 1 adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Dibutuhkan} &= \sum_{k=1}^n a_{ik} \times b_{kj} \text{ (persamaan 2.14)} \\ &= \sum (\text{Waktu Baku}_{ik} \times \text{Permintaan}_{kj}) \end{aligned}$$

Keterangan:

$a_{ik}$  = Waktu pengerjaan produk k pada stasiun kerja i

$b_{kj}$  = Jumlah produk k yang akan dijadwalkan pada periode j

$i$  = Stasiun Kerja

$k$  = Tipe *Plug Cap*

$j$  = Periode Oktober 2015

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas Dibutuhkan (SK 1)} &= \{(2,91 \times 145.600) + (2,62 \times 58.600) + \\ & (2,95 \times 180.300) + (2,75 \times 104.000) + (2,69 \times 26.900)\} \\ & \text{detik} / 60 \text{ detik/menit} = 24.448,48 \text{ menit} \end{aligned}$$

Rekapitulasi hasil perhitungan kapasitas yang dibutuhkan untuk setiap stasiun kerja di lini perakitan *Plug Cap* dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Kapasitas Dibutuhkan Setiap Stasiun Kerja Lini Perakitan *Plug Cap*

SK	Proses	Tipe LD05FTGK		Tipe ND05FGA		Tipe SD05FEK		Tipe LD05FTIK		Tipe LZFH		Kapasitas Dibutuhkan (menit)
		Waktu Baku (detik/unit)	Jumlah Pesanan (unit)	Waktu Baku (detik/unit)	Jumlah Pesanan (unit)	Waktu Baku (detik/unit)	Jumlah Pesanan (unit)	Waktu Baku (detik/unit)	Jumlah Pesanan (unit)	Waktu Baku (detik/unit)	Jumlah Pesanan (unit)	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	$M = \{(Cx)D + (Ex)F + (Gx)H + (Ix)J +$
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	2,91	145.600	2,62	58.600	2,95	180.300	2,75	104.000	2,69	26.500	24.448,48
2	Pengepresan 1	2,37	145.600	2,71	58.600	2,10	180.300	2,30	104.000	2,26	26.500	19.690,84
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	2,37	145.600	1,50	58.600	1,54	180.300	2,29	104.000	1,64	26.500	16.533,44
4	Pengepresan 2	1,89	145.600	-	58.600	1,77	180.300	1,84	104.000	1,94	26.500	13.960,52
5	Pengujian BG	1,70	145.600	2,21	58.600	1,71	180.300	1,71	104.000	1,70	26.500	15.116,40
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	6,62	145.600	7,71	58.600	6,42	180.300	6,76	104.000	6,75	26.500	57.605,55
7	Pengemasan	2,14	145.600	2,31	58.600	2,15	180.300	2,18	104.000	2,29	26.500	18.691,74

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

#### 4.2.6 Penentuan Stasiun Kendala dan Non Kendala

Perhitungan *varians* antara kapasitas yang dibutuhkan (CR) dan kapasitas yang tersedia (CA) serta perhitungan persentase beban dilakukan untuk mengetahui stasiun kerja mana yang mengalami kendala (*bottleneck*) dan non kendala (*non bottleneck*). Apabila perhitungan *varians* menghasilkan nilai negatif (-) dan persentase beban bernilai dibawah 100% maka SK tersebut tidak mengalami kendala (*non bottleneck*) dan sebaliknya. Perhitungan *varians* dan persentase beban pada stasiun kerja 1 adalah sebagai berikut.

Diketahui: Kapasitas Dibutuhkan = 24.448,48 menit (Tabel 4.19)

Kapasitas Tersedia = 24.463,26 menit (Tabel 4.18)

*Varians* = Kapasitas Dibutuhkan – Kapasitas Tersedia  
 = 24.448,48 menit – 24.463,26 menit  
 = -14,78 menit

Persentase Beban =  $\frac{\text{Kapasitas Dibutuhkan}}{\text{Kapasitas Tersedia}} \times 100\%$   
 =  $\frac{24.448,48 \text{ menit}}{24.463,26 \text{ menit}} \times 100\%$   
 = 99,94%

*Varians* yang diperoleh bernilai negatif dan persentase beban bernilai di bawah 100 % sehingga stasiun kerja 1 termasuk stasiun kerja *non-bottleneck*.

Rekapitulasi hasil perhitungan untuk menentukan stasiun kerja kendala dan non kendala untuk setiap stasiun kerja di lini perakitan *Plug Cap* dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Untuk Menentukan SK Kendala dan Non Kendala Setiap Stasiun Kerja Lini Perakitan *Plug Cap*

SK	Proses	Kapasitas Dibutuhkan (menit)	Kapasitas Tersedia (menit)	<i>Varians</i> (menit)	Persentase Beban (%)	Keterangan
A	B	C	D	E=C-D	F=(C/D)	G
1	Perakitan <i>Terminal Body</i>	24.448,48	24.463,26	-14,78	99,94	<i>Non</i> Kendala
2	Pengepresan 1	19.690,84	24.463,26	-4.772,42	80,49	<i>Non</i> Kendala

Lanjutan...

Tabel 4.20 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Untuk Menentukan SK Kendala dan *Non* Kendala Setiap Stasiun Kerja Lini Perakitan *Plug Cap* (Lanjutan)

SK	Proses	Kapasitas Dibutuhkan (menit)	Kapasitas Tersedia (menit)	Varians (menit)	Persentase Beban (%)	Keterangan
A	B	C	D	E=C-D	F=(C/D)	G
3	Pemasangan <i>Washer</i> dan	16.533,44	24.463,26	-7.929,82	67,58	<i>Non</i> Kendala
4	Pengepresan 2	13.960,52	24.463,26	-10.502,74	57,07	<i>Non</i> Kendala
5	Pengujian BG	15.116,40	24.463,26	-9.346,86	61,79	<i>Non</i> Kendala
6	Pemasangan <i>Rubber</i>	57.605,55	48.926,52	8.679,03	117,74	Kendala
7	Pengemasan	18.691,74	24.463,26	-5.771,52	76,41	<i>Non</i> Kendala

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 4.20, letak stasiun kendala pada lini perakitan *Plug Cap* yaitu berada di stasiun kerja 6 pada proses pemasangan *rubber*.

#### 4.2.7 Perhitungan Waktu Penyelesaian *Job*

Perhitungan waktu penyelesaian *job* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Waktu Penyelesaian ( $t_{i,j}$ ) =

$$\text{Waktu Setup} + \{ (\text{WB} + \text{Waktu Material Handling}) \times \frac{\text{Jumlah Permintaan}}{\text{Jumlah Operator}} \}$$

Perhitungan waktu penyelesaian untuk SK 1 tipe LD05FTGK sebagai berikut:

Diketahui: Waktu *Setup* = 0 → tidak menggunakan mesin (Tabel 4.9)

Waktu *Material Handling* = 0

Waktu Baku (WB) = 2,91 detik (Tabel 4.17)

Jumlah Permintaan *Plug Cap* LD05FTGK = 145.600 unit (Tabel 4.3)

Jumlah operator di SK1 = 1 orang (Tabel 4.5)

$$\begin{aligned} \text{Waktu Penyelesaian } (t_{i,j}) &= 0 + \{ (2,91 + 0) \times \frac{145.600}{1} \} \\ &= 7.069,75 \text{ menit} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan waktu penyelesaian seluruh *job* pada setiap stasiun kerja dapat dilihat pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Perhitungan Waktu Penyelesaian Seluruh *Job* di Lini Perakitan *Plug Cap*

Job	Pesanan (unit)	SK	Nama Mesin	Proses	WB (detik/unit)	Waktu Material Handling (detik/unit)	Waktu Setup (menit)		Jumlah Operator (orang)	Waktu Penyelesaian (menit)	
							Menghidupkan dan Memanaskan	Memasang Dies			
A	B	C		D	E	F	G	H	I	$J = (G+H) + ((E+F)*(B/I))/60$	
1	145.600	1	-	Perakitan <i>Terminal Body</i>	2,91	-	-	-	1	7.069,75	
		2	<i>Press 1</i>	Pengepresan 1	2,37	-	10	5	1	5.773,15	
		3	-	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	2,37	-	-	-	-	1	5.745,93
		4	<i>Press 2</i>	Pengepresan 2	1,89	-	10	5	1	4.603,98	
		5	<i>BG Tester</i>	Pengujian BG	1,70	-	10	10	1	4.133,61	
		6	-	Pemasangan <i>Rubber</i>	6,62	-	-	-	-	2	8.035,37
		7	-	Pengemasan	2,14	0,54	-	-	-	1	6.501,51
2	58.600	1	-	Perakitan <i>Terminal Body</i>	2,62	-	-	-	1	2.561,97	
		2	<i>Press 1</i>	Pengepresan 1	2,71	-	10	5	1	2.661,89	
		3	-	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	1,50	-	-	-	-	1	1.462,37
		5	<i>BG Tester</i>	Pengujian BG	2,21	-	10	10	1	2.183,18	
		6	-	Pemasangan <i>Rubber</i>	7,04	-	-	-	-	2	3.438,65
		7	-	Pengemasan	2,31	0,54	-	-	-	1	2.782,87

Lanjutan...

Tabel 4.21 Perhitungan Waktu Penyelesaian Seluruh *Job* di Lini Perakitan *Plug Cap* (Lanjutan)

Job	Pesanan (unit)	SK	Nama Mesin	Proses	WB (detik/unit)	Waktu Material Handling (detik/unit)	Waktu Setup (menit)		Jumlah Operator (orang)	Waktu Penyelesaian (menit)
							Menghidupkan dan Memanaskan	Memasang Dies		
A	B	C		D	E	F	G	H	I	$J = (G+H) + ((E+F)*(B/I))/60$
3	180.300	1	-	Perakitan <i>Terminal Body</i>	2,95	-	-	-	1	8.859,27
		2	<i>Press 1</i>	Pengepresan 1	2,10	-	10	5	1	6.312,97
		3	-	Pemasangan <i>Washer</i> dan	1,54	-	-	-	1	4.638,91
		4	<i>Press 2</i>	Pengepresan 2	1,77	-	10	5	1	5.335,70
		5	<i>BG Tester</i>	Pengujian BG	1,71	-	10	10	1	5.151,17
		6	-	Pemasangan <i>Rubber</i>	6,42	-	-	-	2	9.648,33
		7	-	Pengemasan	2,15	0,54	-	-	1	8.087,50
4	104.000	1	-	Perakitan <i>Terminal Body</i>	2,75	-	-	-	1	4.768,16
		2	<i>Press 1</i>	Pengepresan 1	2,30	-	10	5	1	4.002,70
		3	-	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	2,29	-	-	-	1	3.963,40
		4	<i>Press 2</i>	Pengepresan 2	1,84	-	10	5	1	3.209,33
		5	<i>BG Tester</i>	Pengujian BG	1,71	-	10	10	1	2.979,74
		6	-	Pemasangan <i>Rubber</i>	6,76	-	-	-	2	5.862,54
		7	-	Pengemasan	2,18	0,54	-	-	1	4.707,14

Lanjutan...

Tabel 4.21 Perhitungan Waktu Penyelesaian Seluruh *Job* di Lini Perakitan *Plug Cap* (Lanjutan)

<i>Job</i>	Pesanan (unit)	SK	Nama Mesin	Proses	WB (detik/unit)	Waktu Material Handling (detik/unit)	Waktu Setup (menit)		Jumlah Operator (orang)	Waktu Penyelesaian (menit)
							Menghidupkan dan Memanaskan	Memasang Dies		
A	B	C		D	E	F	G	H	I	$J = (G+H) + ((E+F)*(B/I))/60$
5	26.500	1	-	Perakitan <i>Terminal Body</i>	2,69	-	-	-	1	1.189,33
		2	<i>Press 1</i>	Pengepresan 1	2,26	-	10	5	1	1.015,14
		3	-	Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi	1,64	-	-	-	1	722,83
		4	<i>Press 2</i>	Pengepresan 2	1,94	-	10	5	1	871,50
		5	<i>BG Tester</i>	Pengujian BG	1,70	-	10	10	1	768,70
		6	-	Pemasangan <i>Rubber</i>	6,75	-	-	-	2	1.491,21
		7	-	Pengemasan	2,29	0,54	-	-	1	1.247,73

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Rekapitulasi hasil perhitungan waktu penyelesaian *job* di setiap stasiun kerja dapat dilihat pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Waktu Penyelesaian *Job* Setiap Stasiun Kerja di Lini Perakitan *Plug Cap*

Tipe	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Job 1</b>	7.069,75	5.773,15	5.745,93	4.603,98	4.133,61	8.035,37	6.501,51
<b>Job 2</b>	2.561,97	2.661,89	1.462,37	-	2.183,18	3.438,65	2.782,87
<b>Job 3</b>	8.859,27	6.312,97	4.638,91	5.335,70	5.151,17	9.648,33	8.087,50
<b>Job 4</b>	4.768,16	4.002,70	3.963,40	3.209,33	2.979,74	5.862,54	4.707,14
<b>Job 5</b>	1.189,33	1.015,14	722,83	871,50	768,70	1.491,21	1.247,73

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

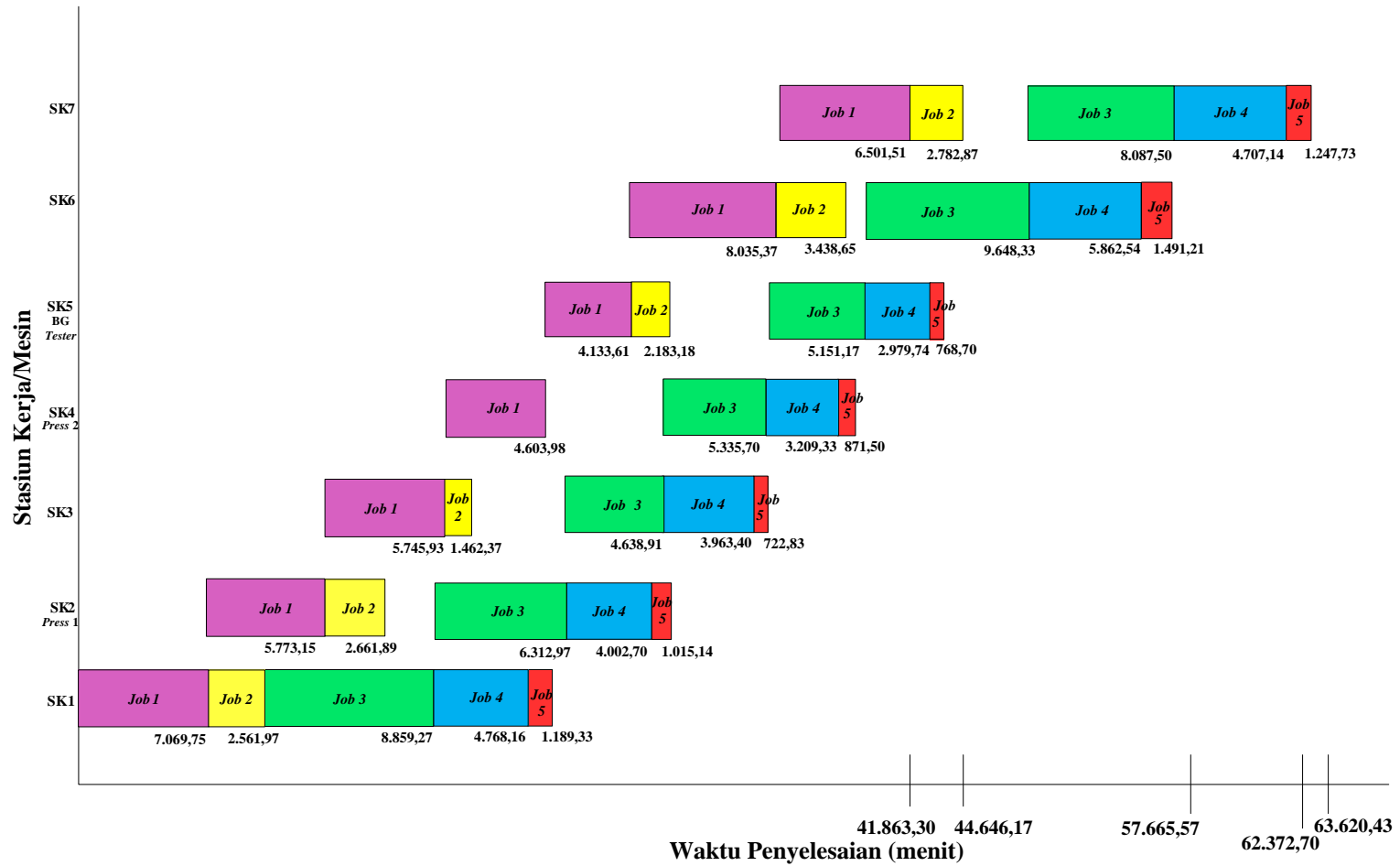
Penjadwalan aktual perusahaan belum menggunakan metode tertentu, penjadwalan berdasarkan urutan *job* yang ada. Perhitungan besarnya *makespan* yang dibutuhkan untuk menyelesaikan *job* yang ada dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Perhitungan *Makespan* Aktual Penjadwalan Perusahaan

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Job 1</b>	Mulai	0,00	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80
	Selesai	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80	41.863,30
<b>Job 2</b>	Mulai	7.069,75	12.842,90	18.588,83	-	27.326,42	35.361,80	41.863,30
	Selesai	9.631,72	15.504,79	20.051,19	-	29.509,60	38.800,44	44.646,17
<b>Job 3</b>	Mulai	9.631,72	18.491,00	24.803,96	29.442,88	34.778,57	39.929,74	49.578,07
	Selesai	18.491,00	24.803,96	29.442,88	34.778,57	39.929,74	49.578,07	57.665,57
<b>Job 4</b>	Mulai	18.491,00	24.803,96	29.442,88	34.778,57	39.929,74	49.578,07	57.665,57
	Selesai	23.259,15	28.806,66	33.406,28	37.987,91	42.909,48	55.440,61	62.372,70
<b>Job 5</b>	Mulai	23.259,15	28.806,66	33.406,28	37.987,91	42.909,48	55.440,61	62.372,70
	Selesai	24.448,48	29.821,80	34.129,11	38.859,41	43.678,18	56.931,82	<b>63.620,43</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 4.23, hasil *makespan* untuk penjadwalan aktual perusahaan dari 5 *job* yang dikerjakan yaitu sebesar 63.620,43 menit. Adapun *gantt chart* dari penjadwalan aktual perusahaan dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 *Gantt Chart* Penjadwalan Aktual Perusahaan  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

#### 4.2.8 Penjadwalan Awal

Perhitungan penjadwalan awal digunakan sebagai solusi awal dalam penerapan Algoritma *Tabu Search*. Solusi awal menggunakan metode *Shifting Bottleneck*, metode tersebut melakukan pengurutan *job* (*sequencing*) berdasarkan waktu penyelesaian terpanjang yang terlebih dahulu dikerjakan. Langkah-langkah penjadwalan awal dengan metode *Shifting Bottleneck* adalah sebagai berikut:

1. Inisialisasi

Dalam menginisialisasi dihitung besar waktu penyelesaian semua *job* dan menentukan waktu yang terlama sebagai *makespan*.

Tabel 4.24. *Makespan* Awal Untuk Masing-Masing *Job*

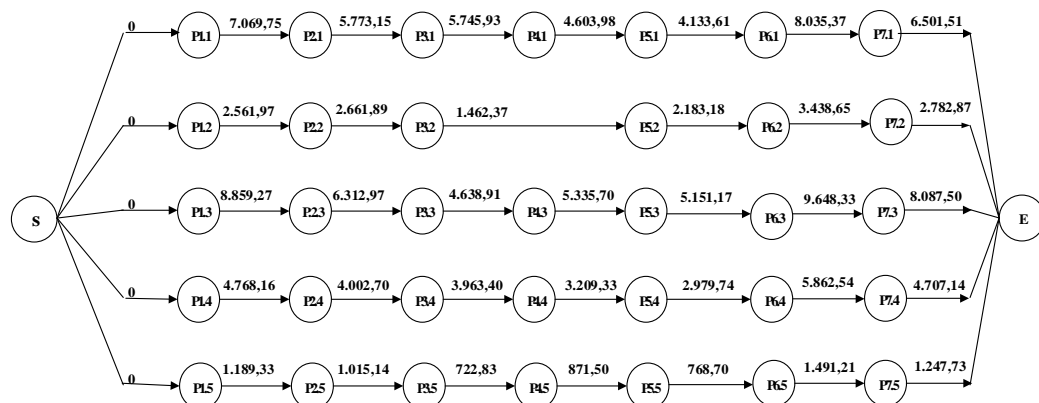
Tipe	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)							<i>Makespan</i> (menit)
	1	2	3	4	5	6	7	
<i>Job 1</i>	7.069,75	5.773,15	5.745,93	4.603,98	4.133,61	8.035,37	6.501,51	41.863,30
<i>Job 2</i>	2.561,97	2.661,89	1.462,37	-	2.183,18	3.438,65	2.782,87	15.090,92
<i>Job 3</i>	8.859,27	6.312,97	4.638,91	5.335,70	5.151,17	9.648,33	8.087,50	48.033,85
<i>Job 4</i>	4.768,16	4.002,70	3.963,40	3.209,33	2.979,74	5.862,54	4.707,14	29.493,01
<i>Job 5</i>	1.189,33	1.015,14	722,83	871,50	768,70	1.491,21	1.247,73	7.306,43

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 4.24, hasil perhitungan *makespan* dari masing-masing *job* diperoleh *makespan* terbesar ( $C_{max}$ ) pada *job 3* sebesar 48.033,85 menit.

2. Menganalisis Mesin atau Stasiun Kerja Untuk Dijadwalkan

Dalam menganalisis mesin untuk dijadwalkan menggunakan data urutan proses pada stasiun kerja untuk tiap *job* dengan waktu penyelesaiannya masing-masing. Data yang ada kemudian digambarkan dalam bentuk *Graph G* awal yang dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 *Graph G* Awal

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### Iterasi 1

Tabel 4.25 Perhitungan Iterasi 1 pada SK1

SK1					
<i>Job</i>	1	2	3	4	5
<b>r<sub>ij</sub></b>	0	0	0	0	0
<b>p<sub>ij</sub></b>	7.069,75	2.561,97	8.859,27	4.768,16	1.189,33
<b>C*</b>	7.069,75	2.561,97	8.859,27	4.768,16	1.189,33
<b>CP</b>	41.863,30	15.090,92	48.033,85	29.493,01	7.306,43
<b>LB</b>	48.033,85				
<b>d<sub>ij</sub></b>	13.240,29	35.504,90	8.859,27	23.308,99	41.916,75
<b>Urutan</b>	2	4	1	3	5

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Keterangan:

$r_{ij}$  = Waktu siap untuk *job* *i* yang akan diproses pada mesin *j*  
(Pada *job* di SK 1 merupakan operasi pertama maka *job* tersebut dikerjakan diawal,  $r_{ij}$  sebesar 0)

$p_{ij}$  = Waktu proses *job* *i* di mesin *j*  
(Waktu penyelesaian pada Tabel 4.22)

$C^*$  = Waktu selesai.

$$\begin{aligned} &= r_{ij} + p_{ij} \\ &= 0 + 7.069,75 \\ &= 7.069,75 \text{ menit} \end{aligned}$$

$CP$  = Waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan *job* *j*  
(Tabel 4.24)

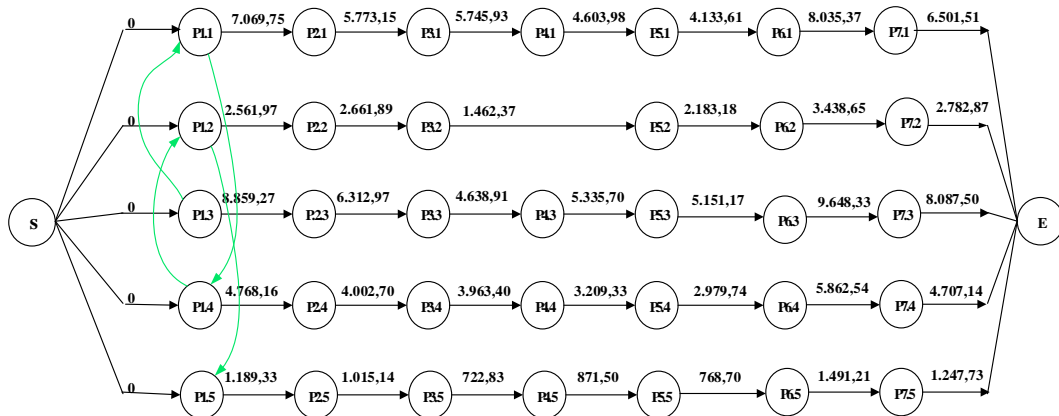
$LB$  = Lintasan terpanjang

$$\begin{aligned} d_{ij} &= LB - (Cp - p_{ij}) \\ &= 48.033,85 - (41.863,30 - 7.069,75) \\ &= 13.240,29 \text{ menit.} \end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel 4.25, hasil perhitungan iterasi 1 yang dilakukan pada stasiun kerja 1 dijadwalkan dengan urutan proses *job* 3-1-4-2-5.

### Iterasi 2

*Graph* G iterasi 2 dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 *Graph G* Iterasi 2  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.26. Perhitungan Iterasi 2 pada SK 2

SK2					
<i>Job</i>	1	2	3	4	5
$r_{ij}$	7.069,75	2.561,97	8.859,27	4.768,16	1.189,33
$p_{ij}$	5.773,15	2.661,89	6.312,97	4.002,70	1.015,14
$C^*$	12.842,90	5.223,86	15.172,24	8.770,85	2.204,47
$CP$	41.863,30	15.090,92	48.033,85	29.493,01	7.306,43
$LB$	48.033,85				
$d_{ij}$	11.943,70	35.604,81	6.312,97	22.543,53	41.742,55
<b>Urutan</b>	2	4	1	3	5

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 4.26, hasil perhitungan iterasi 2 yang dilakukan pada stasiun kerja 2 dijadwalkan dengan urutan proses *job* 3-1-4-2-5.

### 3. Menyeleksi Keterlambatan dan Menjadwalkan

Menentukan nilai keterlambatan tiap stasiun kerja ( $L^*$ ). Perhitungan nilai keterlambatan pada SK 1 dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Perhitungan Nilai Keterlambatan SK 1

SK1					
<i>Job</i>	3	1	4	2	5
$r_{ij}$	0,00	8.859,27	15.929,02	20.697,18	23.259,15
$p_{ij}$	8.859,27	7.069,75	4.768,16	2.561,97	1.189,33
$C^*$	8.859,27	15.929,02	20.697,18	23.259,15	24.448,48
$d_{ij}$	8.859,27	13.240,29	23.308,99	35.504,90	41.916,75
$L$	0,00	2.688,73	-2.611,82	-12.245,75	-17.468,27
$L^*$	2.688,73				

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Keterangan:

$$L = \text{Keterlambatan pekerjaan (job)}$$

$$= r_{ij} + p_{ij} - d_{ij}$$

$$= 0 + 8.859,27 - 8.859,27 = 0 \text{ menit}$$

$L^*$  = Keterlambatan stasiun kerja

$L_{max}$  = Keterlambatan maksimal

Berdasarkan Tabel 4.27, keterlambatan ( $L^*$ ) pada SK 1 sebesar 2688,73 menit. Perhitungan nilai keterlambatan pada SK 2 dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28 Perhitungan Nilai Keterlambatan SK 2

SK2					
Job	3	1	4	2	5
$r_{ij}$	0,00	6.312,97	12.086,12	16.088,82	18.750,71
$p_{ij}$	6.312,97	5.773,15	4.002,70	2.661,89	1.015,14
$C^*$	6.312,97	12.086,12	16.088,82	18.750,71	19.765,84
$d_{ij}$	6.312,97	11.943,70	22.543,53	35.604,81	41.742,55
$L$	0,00	142,42	-6.454,71	-16.854,10	-21.976,71
$L^*$	142,42				

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 4.28, keterlambatan ( $L^*$ ) pada SK 2 sebesar 142,42 menit.

- Menjadwalkan keseluruhan stasiun kerja yang belum terjadwal dengan mengikuti langkah dua dan tiga. Perhitungan setiap iterasi dan nilai  $L^*$  untuk metode *Shifting Bottleneck* dapat dilihat pada Lampiran D.

Dengan cara yang sama maka diperoleh nilai keterlambatan setiap stasiun kerja yang dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 Rekapitulasi Keterlambatan Tiap Stasiun Kerja

SK	$L^*$	SK	$L^*$
1	2.688,73	5	0,00
2	142,42	6	<b>3.477,79</b>
3	0,00	7	1.916,95
4	0,00		

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 4.29, nilai keterlambatan terbesar ( $L_{max}$ ) terdapat pada stasiun kerja 6 (pemasangan *rubber*) yaitu sebesar 3.477,79 menit.

## 5. Penjadwalan Selesai

Penjadwalan dengan metode *Shifting Bottleneck* sudah terjadwal. Rekapitulasi urutan pekerjaan di setiap stasiun kerja hasil penjadwalan awal dengan metode *Shifting Bottleneck* dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 Rekapitulasi Urutan Pekerjaan Setiap Stasiun Kerja dengan Metode *Shifting Bottleneck*

SK	Urutan Job									
	Job	Pij (menit)	Job	Pij (menit)	Job	Pij (menit)	Job	Pij (menit)	Job	Pij (menit)
1	3	8.859,27	1	7.069,75	4	4.768,16	2	2.561,97	5	1.189,33
2	3	6.312,97	1	5.773,15	4	4.002,70	2	2.661,89	5	1.015,14
3	3	4.638,91	1	5.745,93	4	3.963,40	2	1.462,37	5	722,83
4	3	5.335,70	1	4.603,98	4	3.209,33	5	871,50		
5	3	5.151,17	1	4.133,61	4	2.979,74	2	2.183,18	5	768,70
6	3	9.648,33	1	8.035,37	4	5.862,54	2	3.438,65	5	1.491,21
7	3	8.087,50	1	6.501,51	4	4.707,14	2	2.782,87	5	1.247,73

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

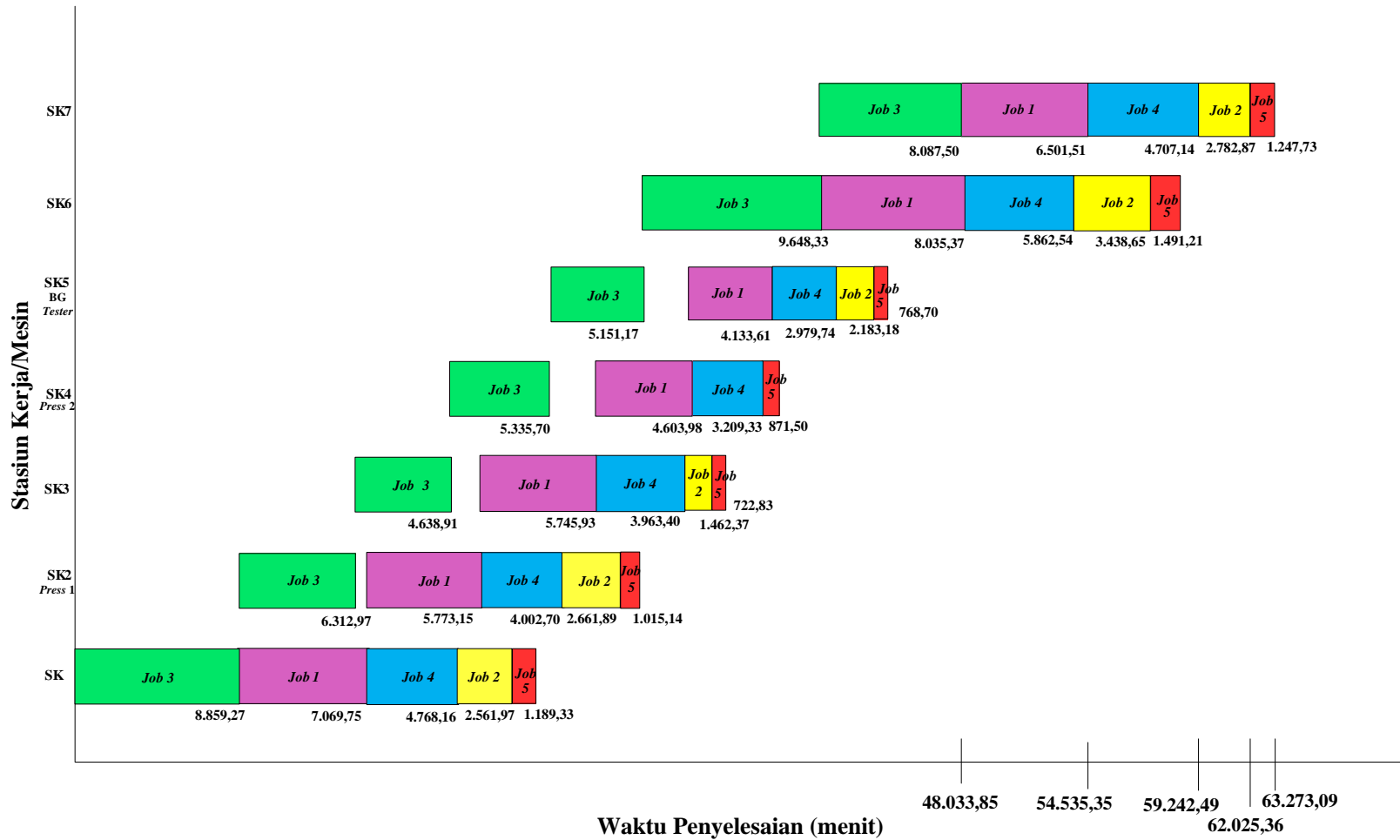
Berdasarkan Tabel 4.30, urutan proses pengerjaan dijadwalkan dengan urutan proses *job* 3-1-4-2-5, selanjutnya dilakukan dengan perhitungan *makespan* penjadwalan awal dengan menggunakan metode *Shifting Bottleneck* dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31 Perhitungan *Makespan* Penjadwalan Awal Metode *Shifting Bottleneck*

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Job</i> 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
<i>Job</i> 1	Mulai	8.859,27	15.929,02	21.702,17	27.448,10	32.052,09	39.946,35	48.033,85
	Selesai	15.929,02	21.702,17	27.448,10	32.052,09	36.185,70	47.981,72	54.535,35
<i>Job</i> 4	Mulai	15.929,02	21.702,17	27.448,10	32.052,09	36.185,70	47.981,72	54.535,35
	Selesai	20.697,18	25.704,87	31.411,51	35.261,42	39.165,44	53.844,27	59.242,49
<i>Job</i> 2	Mulai	20.697,18	25.704,87	31.411,51	-	39.165,44	53.844,27	59.242,49
	Selesai	23.259,15	28.366,76	32.873,87	-	41.348,62	57.282,91	62.025,36
<i>Job</i> 5	Mulai	23.259,15	28.366,76	32.873,87	35.261,42	41.348,62	57.282,91	62.025,36
	Selesai	24.448,48	29.381,90	33.596,70	36.132,92	42.117,32	58.774,12	<b>63.273,09</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 4.31, hasil perhitungan *makespan* penjadwalan awal dengan metode *Shifting Bottleneck* sebesar 63.273,09 menit. *Gantt Chart* hasil perhitungan *makespan* dengan metode *Shifting Bottleneck* dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Gantt Chart Penjadwalan Awal Metode *Shifting Bottleneck*  
 (Sumber: Hasil Pengolahan Data)

#### 4.2.9 Algoritma *Tabu Search*

Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam penjadwalan Algoritma *Tabu Search* yaitu:

1. Membangkitkan solusi awal

Urutan *job* yang digunakan sebagai solusi awal dalam proses *Tabu Search* adalah urutan *job* dengan metode *Shifting Bottleneck* yaitu *job* 3 → *job* 1 → *job* 4 → *job* 2 → *job* 5.

2. Menentukan kriteria aspirasi

Kriteria aspirasi dalam tugas akhir ini adalah meminimasi *makespan*.

3. Menentukan kriteria terminasi (*stopping criteria*)

Kondisi yang digunakan sebagai kriteria terminasi dalam Algoritma *Tabu Search* tugas akhir ini adalah tidak ada lagi solusi baru yang dapat dibangkitkan dari *neighborhood* solusi sekarang, karena semua *move* dalam *neighborhood* tersebut terdapat dalam *tabu list*.

4. Melakukan *Move*

*Move* yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah *neighborhood search*. Pencarian dengan teknik ini setiap kemungkinan atribut dari struktur dapat dipindah-pindah menggunakan aturan kombinasi. Algoritma *Tabu Search* digunakan untuk mencari solusi urutan produksi yang terbaik.

5. Menghitung *makespan* dari setiap struktur yang terbentuk, kemudian memilih *makespan* terkecil untuk dimasukkan kedalam *tabu list* untuk menghindari terjadinya *cycling* (mengulang perhitungan). Ukuran *tabu list* yang digunakan adalah 2.

6. Mengulangi langkah 4 dan 5 hingga tercapai kriteria aspirasi. Jika kriteria terminasi telah dipenuhi maka *stop*, artinya nilai *makespan* paling minimum yang berada dalam *tabu list* adalah solusi yang optimum.

Proses *move* yang dilakukan adalah sebagai berikut:

Solusi awal = *Job* 3-1-4-2-5

##### Iterasi 1

Dengan aturan kombinasi 2 dari 5 maka diperoleh struktur sebagai berikut:

$$C_n^r = \frac{n!}{r!(n-r)!}$$

$$= \frac{5!}{2!(5-2)!}$$

$$= \frac{5!}{2!3!} = \frac{5 \times 4}{2 \times 1} = 10$$

Neighborhood Search : (3,1) = 1-3-4-2-5      (1,2) = 3-2-4-1-5  
 (3,4) = 4-1-3-2-5      (1,5) = 3-5-4-2-1  
 (3,2) = 2-1-4-3-5      (4,2) = 3-1-2-4-5  
 (3,5) = 5-1-4-2-3      (4,5) = 3-1-5-2-4  
 (1,4) = 3-4-1-2-5      (2,5) = 3-1-4-5-2

Perhitungan *makespan* iterasi 1 dapat dilihat pada Tabel 4.32 sampai 4.41.

Tabel 4.32 Perhitungan *Makespan* Iterasi 1 *Job* 1-3-4-2-5

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Job</i> 1	Mulai	0,00	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80
	Selesai	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80	41.863,30
<i>Job</i> 3	Mulai	7.069,75	15.929,02	22.241,99	26.880,90	32.216,60	37.367,77	47.016,10
	Selesai	15.929,02	22.241,99	26.880,90	32.216,60	37.367,77	47.016,10	55.103,59
<i>Job</i> 4	Mulai	15.929,02	22.241,99	26.880,90	32.216,60	37.367,77	47.016,10	55.103,59
	Selesai	20.697,18	26.244,69	30.844,31	35.425,93	40.347,51	52.878,64	59.810,73
<i>Job</i> 2	Mulai	20.697,18	26.244,69	30.844,31	-	40.347,51	52.878,64	59.810,73
	Selesai	23.259,15	28.906,58	32.306,67	-	42.530,68	56.317,29	62.593,60
<i>Job</i> 5	Mulai	23.259,15	28.906,58	32.306,67	35.425,93	42.530,68	56.317,29	62.593,60
	Selesai	24.448,48	29.921,71	33.029,50	36.297,43	43.299,38	57.808,50	<b>63.841,33</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.33 Perhitungan *Makespan* Iterasi 1 *Job* 4-1-3-2-5

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Job</i> 4	Mulai	0,00	4.768,16	8.770,85	12.734,26	15.943,59	18.923,33	24.785,87
	Selesai	4.768,16	8.770,85	12.734,26	15.943,59	18.923,33	24.785,87	29.493,01
<i>Job</i> 1	Mulai	4.768,16	11.837,90	17.611,05	23.356,98	27.960,97	32.094,58	40.129,95
	Selesai	11.837,90	17.611,05	23.356,98	27.960,97	32.094,58	40.129,95	46.631,46
<i>Job</i> 3	Mulai	11.837,90	20.697,18	27.010,15	31.649,06	36.984,76	42.135,92	51.784,25
	Selesai	20.697,18	27.010,15	31.649,06	36.984,76	42.135,92	51.784,25	59.871,75
<i>Job</i> 2	Mulai	20.697,18	27.010,15	31.649,06	-	42.135,92	51.784,25	59.871,75
	Selesai	23.259,15	29.672,03	33.111,42	-	44.319,10	55.222,90	62.654,62
<i>Job</i> 5	Mulai	23.259,15	29.672,03	33.111,42	36.984,76	44.319,10	55.222,90	62.654,62
	Selesai	24.448,48	30.687,17	33.834,25	37.856,26	45.087,80	56.714,11	<b>63.902,35</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.34 Perhitungan *Makespan* Iterasi 1 *Job* 2-1-4-3-5

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 2	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
Job 1	Mulai	2.561,97	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77
	Selesai	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77	44.425,28
Job 4	Mulai	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77	44.425,28
	Selesai	14.399,88	19.407,57	25.114,21	28.964,12	32.868,14	43.786,31	49.132,41
Job 3	Mulai	14.399,88	23.259,15	29.572,12	34.211,03	39.546,73	44.697,90	54.346,23
	Selesai	23.259,15	29.572,12	34.211,03	39.546,73	44.697,90	54.346,23	62.433,72
Job 5	Mulai	23.259,15	29.572,12	34.211,03	39.546,73	44.697,90	54.346,23	62.433,72
	Selesai	24.448,48	30.587,26	34.933,86	40.418,23	45.466,60	55.837,44	<b>63.681,45</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.35 Perhitungan *Makespan* Iterasi 1 Job 5-1-4-2-3

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 5	Mulai	0,00	1.189,33	2.204,47	2.927,29	3.798,79	4.567,49	6.058,70
	Selesai	1.189,33	2.204,47	2.927,29	3.798,79	4.567,49	6.058,70	7.306,43
Job 1	Mulai	1.189,33	8.259,08	14.032,23	19.778,16	24.382,14	28.515,75	36.551,13
	Selesai	8.259,08	14.032,23	19.778,16	24.382,14	28.515,75	36.551,13	43.052,63
Job 4	Mulai	8.259,08	14.032,23	19.778,16	24.382,14	28.515,75	36.551,13	43.052,63
	Selesai	13.027,23	18.034,93	23.741,56	27.591,48	31.495,50	42.413,67	47.759,77
Job 2	Mulai	13.027,23	18.034,93	23.741,56	-	31.495,50	42.413,67	47.759,77
	Selesai	15.589,21	20.696,82	25.203,93	-	33.678,67	45.852,32	50.542,64
Job 3	Mulai	15.589,21	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	45.887,23	55.535,56
	Selesai	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	45.887,23	55.535,56	<b>63.623,05</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.36 Perhitungan *Makespan* Iterasi 1 Job 3-4-1-2-5

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
Job 4	Mulai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
	Selesai	13.627,43	19.174,94	23.774,56	28.356,19	33.277,76	45.808,89	52.740,98
Job 1	Mulai	13.627,43	20.697,18	26.470,33	32.216,26	36.820,24	45.808,89	53.844,27
	Selesai	20.697,18	26.470,33	32.216,26	36.820,24	40.953,85	53.844,27	60.345,77
Job 2	Mulai	20.697,18	26.470,33	32.216,26	-	40.953,85	53.844,27	60.345,77
	Selesai	23.259,15	29.132,22	33.678,62	-	43.137,03	57.282,91	63.128,64
Job 5	Mulai	23.259,15	29.132,22	33.678,62	36.820,24	43.137,03	57.282,91	63.128,64
	Selesai	24.448,48	30.147,35	34.401,45	37.691,74	43.905,73	58.774,12	<b>64.376,37</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.37 Perhitungan *Makespan* Iterasi 1 Job 3-2-4-1-5

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Job 3</b>	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
<b>Job 2</b>	Mulai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	-	30.298,02	39.946,35	48.033,85
	Selesai	11.421,25	17.834,13	21.273,52	-	32.481,20	43.385,00	50.816,72
<b>Job 4</b>	Mulai	11.421,25	17.834,13	21.836,83	25.800,23	32.481,20	43.385,00	50.816,72
	Selesai	16.189,40	21.836,83	25.800,23	29.009,57	35.460,94	49.247,54	55.523,85
<b>Job 1</b>	Mulai	16.189,40	23.259,15	29.032,30	34.778,23	39.382,22	49.247,54	57.282,91
	Selesai	23.259,15	29.032,30	34.778,23	39.382,22	43.515,83	57.282,91	63.784,42
<b>Job 5</b>	Mulai	23.259,15	29.032,30	34.778,23	39.382,22	43.515,83	57.282,91	63.784,42
	Selesai	24.448,48	30.047,44	35.501,06	40.253,72	44.284,53	58.774,12	<b>65.032,15</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.38 Perhitungan *Makespan* Iterasi 1 *Job 3-5-4-2-1*

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Job 3</b>	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
<b>Job 5</b>	Mulai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
	Selesai	10.048,61	16.187,38	20.533,98	26.018,35	31.066,72	41.437,56	49.281,58
<b>Job 4</b>	Mulai	10.048,61	16.187,38	20.533,98	26.018,35	31.066,72	41.437,56	49.281,58
	Selesai	14.816,76	20.190,08	24.497,39	29.227,69	34.046,46	47.300,10	53.988,71
<b>Job 2</b>	Mulai	14.816,76	20.190,08	24.497,39	-	34.046,46	47.300,10	53.988,71
	Selesai	17.378,74	22.851,97	25.959,75	-	36.229,64	50.738,75	56.771,58
<b>Job 1</b>	Mulai	17.378,74	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	50.738,75	58.774,12
	Selesai	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	44.705,16	58.774,12	<b>65.275,63</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.39 Perhitungan *Makespan* Iterasi 1 *Job 3-1-2-4-5*

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Job 3</b>	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
<b>Job 1</b>	Mulai	8.859,27	15.929,02	21.702,17	27.448,10	32.052,09	39.946,35	48.033,85
	Selesai	15.929,02	21.702,17	27.448,10	32.052,09	36.185,70	47.981,72	54.535,35
<b>Job 2</b>	Mulai	15.929,02	21.702,17	27.448,10	-	36.185,70	47.981,72	54.535,35
	Selesai	18.491,00	24.364,06	28.910,47	-	38.368,88	51.420,37	57.318,22
<b>Job 4</b>	Mulai	18.491,00	24.364,06	28.910,47	32.873,87	38.368,88	51.420,37	57.318,22
	Selesai	23.259,15	28.366,76	32.873,87	36.083,21	41.348,62	57.282,91	62.025,36
<b>Job 5</b>	Mulai	23.259,15	28.366,76	32.873,87	36.083,21	41.348,62	57.282,91	62.025,36
	Selesai	24.448,48	29.381,90	33.596,70	36.954,71	42.117,32	58.774,12	<b>63.273,09</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.40 Perhitungan *Makespan* Iterasi 1 *Job 3-1-5-2-4*



Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 1	Mulai	0,00	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80
	Selesai	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80	41.863,30
Job 3	Mulai	7.069,75	15.929,02	22.241,99	26.880,90	32.216,60	37.367,77	47.016,10
	Selesai	15.929,02	22.241,99	26.880,90	32.216,60	37.367,77	47.016,10	55.103,59
Job 2	Mulai	15.929,02	22.241,99	26.880,90	-	37.367,77	47.016,10	55.103,59
	Selesai	18.491,00	24.903,88	28.343,27	-	39.550,94	50.454,75	57.886,46
Job 4	Mulai	18.491,00	24.903,88	28.906,58	32.869,98	39.550,94	50.454,75	57.886,46
	Selesai	23.259,15	28.906,58	32.869,98	36.079,31	42.530,68	56.317,29	62.593,60
Job 5	Mulai	23.259,15	28.906,58	32.869,98	36.079,31	42.530,68	56.317,29	62.593,60
	Selesai	24.448,48	29.921,71	33.592,81	36.950,81	43.299,38	57.808,50	<b>63.841,33</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.43 Perhitungan *Makespan* Iterasi 2 Job 2-1-3-4-5

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 2	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
Job 1	Mulai	2.561,97	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77
	Selesai	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77	44.425,28
Job 3	Mulai	9.631,72	18.491,00	24.803,96	29.442,88	34.778,57	39.929,74	49.578,07
	Selesai	18.491,00	24.803,96	29.442,88	34.778,57	39.929,74	49.578,07	57.665,57
Job 4	Mulai	18.491,00	24.803,96	29.442,88	34.778,57	39.929,74	49.578,07	57.665,57
	Selesai	23.259,15	28.806,66	33.406,28	37.987,91	42.909,48	55.440,61	62.372,70
Job 5	Mulai	23.259,15	28.806,66	33.406,28	37.987,91	42.909,48	55.440,61	62.372,70
	Selesai	24.448,48	29.821,80	34.129,11	38.859,41	43.678,18	56.931,82	<b>63.620,43</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.44 Perhitungan *Makespan* Iterasi 2 Job 4-1-2-3-5

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 4	Mulai	0,00	4.768,16	8.770,85	12.734,26	15.943,59	18.923,33	24.785,87
	Selesai	4.768,16	8.770,85	12.734,26	15.943,59	18.923,33	24.785,87	29.493,01
Job 1	Mulai	4.768,16	11.837,90	17.611,05	23.356,98	27.960,97	32.094,58	40.129,95
	Selesai	11.837,90	17.611,05	23.356,98	27.960,97	32.094,58	40.129,95	46.631,46
Job 2	Mulai	11.837,90	17.611,05	23.356,98	-	32.094,58	40.129,95	46.631,46
	Selesai	14.399,88	20.272,94	24.819,35	-	34.277,76	43.568,60	49.414,33
Job 3	Mulai	14.399,88	23.259,15	29.572,12	34.211,03	39.546,73	44.697,90	54.346,23
	Selesai	23.259,15	29.572,12	34.211,03	39.546,73	44.697,90	54.346,23	62.433,72
Job 5	Mulai	23.259,15	29.572,12	34.211,03	39.546,73	44.697,90	54.346,23	62.433,72
	Selesai	24.448,48	30.587,26	34.933,86	40.418,23	45.466,60	55.837,44	<b>63.681,45</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.45 Perhitungan *Makespan* Iterasi 2 Job 5-1-2-4-3

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 5	Mulai	0,00	1.189,33	2.204,47	2.927,29	3.798,79	4.567,49	6.058,70
	Selesai	1.189,33	2.204,47	2.927,29	3.798,79	4.567,49	6.058,70	7.306,43
Job 1	Mulai	1.189,33	8.259,08	14.032,23	19.778,16	24.382,14	28.515,75	36.551,13
	Selesai	8.259,08	14.032,23	19.778,16	24.382,14	28.515,75	36.551,13	43.052,63
Job 2	Mulai	8.259,08	14.032,23	19.778,16	-	28.515,75	36.551,13	43.052,63
	Selesai	10.821,05	16.694,12	21.240,52	-	30.698,93	39.989,78	45.835,50
Job 4	Mulai	10.821,05	16.694,12	21.240,52	25.203,93	30.698,93	39.989,78	45.852,32
	Selesai	15.589,21	20.696,82	25.203,93	28.413,26	33.678,67	45.852,32	50.559,45
Job 3	Mulai	15.589,21	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	45.887,23	55.535,56
	Selesai	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	45.887,23	55.535,56	<b>63.623,05</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.46 Perhitungan *Makespan* Iterasi 2 Job 3-2-1-4-5

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
Job 2	Mulai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	-	30.298,02	39.946,35	48.033,85
	Selesai	11.421,25	17.834,13	21.273,52	-	32.481,20	43.385,00	50.816,72
Job 1	Mulai	11.421,25	18.491,00	24.264,15	30.010,08	34.614,06	43.385,00	51.420,37
	Selesai	18.491,00	24.264,15	30.010,08	34.614,06	38.747,67	51.420,37	57.921,88
Job 4	Mulai	18.491,00	24.264,15	30.010,08	34.614,06	38.747,67	51.420,37	57.921,88
	Selesai	23.259,15	28.266,85	33.973,48	37.823,40	41.727,41	57.282,91	62.629,01
Job 5	Mulai	23.259,15	28.266,85	33.973,48	37.823,40	41.727,41	57.282,91	62.629,01
	Selesai	24.448,48	29.281,98	34.696,31	38.694,90	42.496,11	58.774,12	<b>63.876,74</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.47 Perhitungan *Makespan* Iterasi 2 Job 3-4-2-1-5

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
Job 4	Mulai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
	Selesai	13.627,43	19.174,94	23.774,56	28.356,19	33.277,76	45.808,89	52.740,98
Job 2	Mulai	13.627,43	19.174,94	23.774,56	-	33.277,76	45.808,89	52.740,98
	Selesai	16.189,40	21.836,83	25.236,93	-	35.460,94	49.247,54	55.523,85
Job 1	Mulai	16.189,40	23.259,15	29.032,30	34.778,23	39.382,22	49.247,54	57.282,91
	Selesai	23.259,15	29.032,30	34.778,23	39.382,22	43.515,83	57.282,91	63.784,42
Job 5	Mulai	23.259,15	29.032,30	34.778,23	39.382,22	43.515,83	57.282,91	63.784,42
	Selesai	24.448,48	30.047,44	35.501,06	40.253,72	44.284,53	58.774,12	<b>65.032,15</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.48 Perhitungan *Makespan* Iterasi 2 Job 3-5-2-4-1

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
Job 5	Mulai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
	Selesai	10.048,61	16.187,38	20.533,98	26.018,35	31.066,72	41.437,56	49.281,58
Job 2	Mulai	10.048,61	16.187,38	20.533,98	-	31.066,72	41.437,56	49.281,58
	Selesai	12.610,58	18.849,27	21.996,35	-	33.249,90	44.876,21	52.064,45
Job 4	Mulai	12.610,58	18.849,27	22.851,97	26.815,37	33.249,90	44.876,21	52.064,45
	Selesai	17.378,74	22.851,97	26.815,37	30.024,70	36.229,64	50.738,75	56.771,58
Job 1	Mulai	17.378,74	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	50.738,75	58.774,12
	Selesai	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	44.705,16	58.774,12	<b>65.275,63</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.49 Perhitungan *Makespan* Iterasi 2 Job 3-1-5-4-2

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
Job 1	Mulai	8.859,27	15.929,02	21.702,17	27.448,10	32.052,09	39.946,35	48.033,85
	Selesai	15.929,02	21.702,17	27.448,10	32.052,09	36.185,70	47.981,72	54.535,35
Job 5	Mulai	15.929,02	21.702,17	27.448,10	32.052,09	36.185,70	47.981,72	54.535,35
	Selesai	17.118,35	22.717,31	28.170,93	32.923,59	36.954,40	49.472,93	55.783,08
Job 4	Mulai	17.118,35	22.717,31	28.170,93	32.923,59	36.954,40	49.472,93	55.783,08
	Selesai	21.886,51	26.720,01	32.134,33	36.132,92	39.934,14	55.335,48	60.490,22
Job 2	Mulai	21.886,51	26.720,01	32.134,33	-	39.934,14	55.335,48	60.490,22
	Selesai	24.448,48	29.381,90	33.596,70	-	42.117,32	58.774,12	<b>63.273,09</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel 4.50 Perhitungan *Makespan* Iterasi 2 Job 3-1-2-5-4

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
Job 1	Mulai	8.859,27	15.929,02	21.702,17	27.448,10	32.052,09	39.946,35	48.033,85
	Selesai	15.929,02	21.702,17	27.448,10	32.052,09	36.185,70	47.981,72	54.535,35
Job 2	Mulai	15.929,02	21.702,17	27.448,10	-	36.185,70	47.981,72	54.535,35
	Selesai	18.491,00	24.364,06	28.910,47	-	38.368,88	51.420,37	57.318,22
Job 5	Mulai	18.491,00	24.364,06	28.910,47	32.052,09	38.368,88	51.420,37	57.318,22
	Selesai	19.680,33	25.379,20	29.633,29	32.923,59	39.137,57	52.911,58	58.565,95
Job 4	Mulai	19.680,33	25.379,20	29.633,29	33.596,70	39.137,57	52.911,58	58.774,12
	Selesai	24.448,48	29.381,90	33.596,70	36.806,03	42.117,32	58.774,12	<b>63.481,26</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Hasil perhitungan pada iterasi 2 didapatkan nilai *makespan* terkecil sebesar 63.273,09 menit pada urutan *job* 3-1-5-3-2. Urutan *job* 3-1-5-3-2 dijadikan solusi awal pada iterasi 3 sehingga (2,5) masuk kedalam *tabu list*.

Iterasi perhitungan *makespan* untuk penjadwalan Algoritma *Tabu Search* dapat dilihat pada Lampiran E. Rekapitulasi hasil iterasi perhitungan *makespan* penjadwalan Algoritma *Tabu Search* dapat dilihat pada Tabel 4.51.

Tabel 4.51 Rekapitulasi Hasil Iterasi Perhitungan *Makespan* Penjadwalan Algoritma *Tabu Search*


Iterasi	Neighborhood Search		Makespan (menit)	Tabu List
	Pertukaran	Urutan Job		
1	(3,1)	1-3-4-2-5	63.841,33	
	(3,4)	4-1-3-2-5	63.902,35	
	(3,2)	2-1-4-3-5	63.681,45	
	(3,5)	5-1-4-2-3	63.623,05	
	(1,4)	3-4-1-2-5	64.376,37	
	(1,2)	3-2-4-1-5	65.032,15	
	(1,5)	3-5-4-2-1	65.275,63	
	(4,2)	3-1-2-4-5	<b>63.273,09</b>	<i>Tabu</i>
	(4,5)	3-1-5-2-4	63.481,26	
	(2,5)	3-1-4-5-2	<b>63.273,09</b>	
2	(3,1)	1-3-2-4-5	63.841,33	
	(3,2)	2-1-3-4-5	63.620,43	
	(3,4)	4-1-2-3-5	63.681,45	
	(3,5)	5-1-2-4-3	63.623,05	
	(1,2)	3-2-1-4-5	63.876,74	
	(1,4)	3-4-2-1-5	65.032,15	
	(1,5)	3-5-2-4-1	65.275,63	
	(2,5)	3-1-5-4-2	<b>63.273,09</b>	<i>Tabu</i>
	(4,5)	3-1-2-5-4	63.481,26	
3	(3,1)	1-3-5-4-2	63.841,33	
	(3,5)	5-1-3-4-2	63.782,93	
	(3,4)	4-1-5-3-2	63.843,95	
	(3,2)	2-1-5-4-3	63.623,05	
	(1,5)	3-5-1-4-2	63.464,45	
	(1,4)	3-4-5-1-2	64.619,85	
	(1,2)	3-2-5-4-1	65.275,63	
	(5,4)	3-1-4-5-2	<b>63.273,09</b>	<i>Tabu</i>
4	(3,1)	1-3-4-5-2	63.841,33	
	(3,4)	4-1-3-5-2	63.902,35	
	(3,5)	5-1-4-3-2	63.843,95	
	(3,2)	2-1-4-5-3	<b>63.623,05</b>	<i>Tabu</i>
	(1,4)	3-4-1-5-2	64.376,37	
	(1,5)	3-5-4-1-2	64.619,85	
	(1,2)	3-1-4-5-1	65.275,63	

Lanjutan...

Tabel 4.51 Rekapitulasi Hasil Iterasi Perhitungan *Makespan* Penjadwalan Algoritma *Tabu Search* (Lanjutan)

Iterasi	<i>Neighborhood Search</i>		<i>Makespan</i> (menit)	<i>Tabu List</i>
	Pertukaran	Urutan <i>Job</i>		
5	(2,1)	1-2-4-5-3	63.890,02	
	(1,4)	2-4-1-5-3	63.623,05	
	(1,5)	2-5-4-1-3	63.623,05	
	(1,3)	2-3-4-5-1	64.398,96	
	(4,3)	2-1-3-5-4	<b>63.620,43</b>	<i>Tabu</i>
	(5,3)	2-1-4-3-5	63.681,45	
6	(2,1)	1-2-3-5-4	63.620,43	
	(1,3)	2-3-1-5-4	63.052,19	
	(1,5)	2-5-3-1-4	<b>62.993,79</b>	<i>Tabu</i>
	(1,4)	2-4-3-5-1	63.304,57	
	(3,5)	2-1-3-5-4	63.562,04	
7	(2,1)	1-5-3-2-4	63.782,93	
	(5,3)	2-3-5-1-4	<b>63.243,55</b>	<i>Tabu</i>
	(3,1)	2-5-3-1-4	63.562,04	
	(1,4)	2-5-3-4-1	64.097,08	
8	(2,1)	1-3-5-2-4	63.841,33	
	(3,1)	2-1-5-3-4	<b>63.562,04</b>	<i>Tabu</i>
	(1,4)	2-3-5-4-1	64.398,96	
9	(2,1)	1-2-5-3-4	63.562,04	
	(1,4)	2-4-5-3-1	<b>63.054,81</b>	<i>Tabu</i>
10	(2,1)	1-4-5-3-2	<b>63.843,95</b>	<i>Tabu</i>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

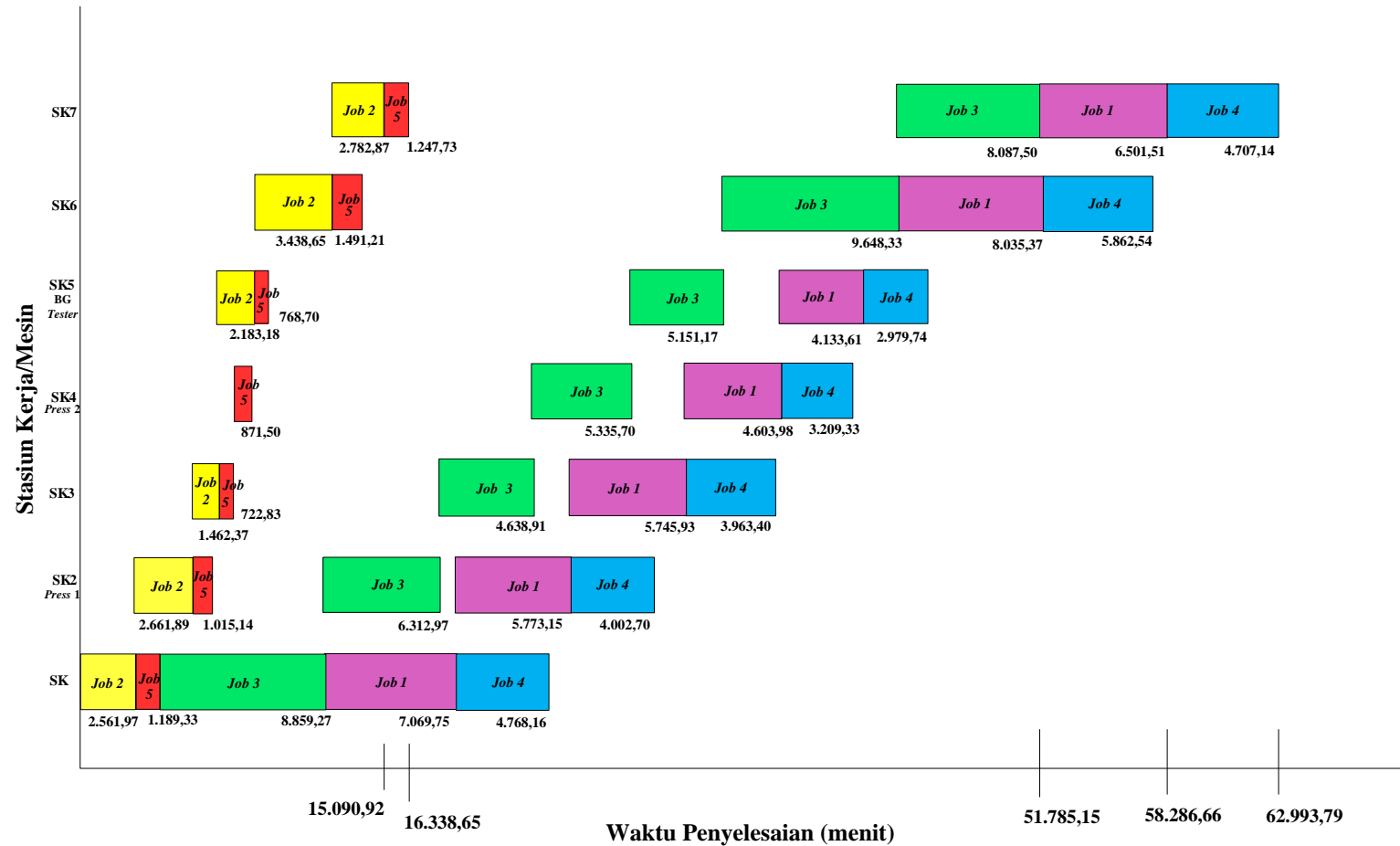
 = *Makespan* Terkecil

Berdasarkan Tabel 4.51, hasil iterasi untuk perhitungan *makespan* penjadwalan Algoritma *Tabu Search* didapatkan *makespan* terkecil sebesar 62.993,79 menit dengan urutan *job* 2-5-3-1-4. Perhitungan *makespan* terkecil dapat dilihat pada Tabel 4.52 dengan *ganttt chart* pada Gambar 4.10.

Tabel 4.52 Perhitungan *Makespan* Terkecil Urutan *Job* 2-5-3-1-4

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Job</i> 2	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
<i>Job</i> 5	Mulai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	7.409,06	8.869,41	12.308,05	15.090,92
	Selesai	3.751,31	6.239,00	7.409,06	8.280,55	9.638,11	13.799,26	16.338,65
<i>Job</i> 3	Mulai	3.751,31	12.610,58	18.923,55	23.562,46	28.898,16	34.049,33	43.697,66
	Selesai	12.610,58	18.923,55	23.562,46	28.898,16	34.049,33	43.697,66	51.785,15
<i>Job</i> 1	Mulai	12.610,58	19.680,33	25.453,48	31.199,41	35.803,39	43.697,66	51.785,15
	Selesai	19.680,33	25.453,48	31.199,41	35.803,39	39.937,00	51.733,03	58.286,66
<i>Job</i> 4	Mulai	19.680,33	25.453,48	31.199,41	35.803,39	39.937,00	51.733,03	58.286,66
	Selesai	24.448,48	29.456,18	35.162,81	39.012,73	42.916,74	57.595,57	<b>62.993,79</b>

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)



Gambar 4.10 Gantt Chart Penjadwalan Metode Algoritma Tabu Search  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

#### 4.2.10 Perhitungan Nilai *Efficiency Index* (EI)

Parameter *Efficiency Index* (EI) digunakan untuk membandingkan antara metode penjadwalan Algoritma *Tabu Search* dengan penjadwalan aktual perusahaan. Perhitungan nilai *Efficiency Index* (EI) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} EI &= \frac{\text{Makespan}_{\text{Perusahaan}}}{\text{Makespan}_{\text{Usulan}}} \quad (\text{persamaan 2.15}) \\ &= \frac{63.620,43 \text{ menit}}{62.993,79 \text{ menit}} = 1,01 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan nilai *Efficiency Index*, nilai EI yang didapatkan sebesar 1,01 ( $EI > 1$ ) maka penerapan penjadwalan dengan Metode Algoritma *Tabu Search* terhadap kelima *job* yang diamati memiliki performansi yang lebih baik dibandingkan dengan penjadwalan aktual perusahaan.

#### 4.2.11 Perhitungan Nilai *Relative Error* (RE)

Parameter nilai *Relative Error* (RE) digunakan untuk menunjukkan penghematan *makespan* dari metode Algoritma *Tabu Search*. Perhitungan nilai *Relative Error* (RE) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} RE &= \left| \frac{\text{Makespan}_{\text{Usulan}} - \text{Makespan}_{\text{Perusahaan}}}{\text{Makespan}_{\text{Usulan}}} \right| \times 100\% \quad (\text{persamaan 2.16}) \\ &= \left| \frac{62.293,79 \text{ menit} - 63.620,43 \text{ menit}}{62.293,79 \text{ menit}} \right| \times 100\% \\ &= \left| \frac{626,64 \text{ menit}}{62.293,79 \text{ menit}} \right| \times 100\% = 0,99\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan nilai *Relative Error*, nilai RE yang didapat menunjukkan bahwa penghematan *makespan* yang diperoleh dengan penerapan Algoritma *Tabu Search* sebesar 0,99%.

## **BAB V**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **5.1 Analisis Waktu Baku**

Waktu baku diperoleh melalui beberapa tahapan yaitu dimulai dari perhitungan waktu siklus elemen kerja pada setiap stasiun kerja yang didapat dari pengukuran waktu secara langsung (Tabel 4.13). Dari data elemen kerja tersebut maka dilakukan pengujian data dengan uji statistik yang bertujuan untuk mengetahui kecukupan, kenormalan dan keseragaman dari data yang diperoleh. Tahapan selanjutnya yaitu perhitungan waktu normal di setiap stasiun kerja berdasarkan faktor penyesuaian (*rating factor*) dengan metode *Westing House Rating Factors* terhadap operator yang bersangkutan (Tabel 4.11). Hasil perhitungan *rating factor* di setiap stasiun kerja lini perakitan *Plug Cap* berbeda-beda karena disesuaikan dengan keterampilan, usaha, kondisi kerja dan konsistensi dari operator yang mengerjakannya. Dapat diketahui bahwa *rating factor* yang dihasilkan yaitu diatas 100% sehingga semua operator bekerja diatas kecepatan normal. Hasil perhitungan waktu normal digunakan dalam perhitungan waktu baku, dimana waktu baku dihitung dengan cara mengalikan waktu normal dengan faktor kelonggaran (*allowance*). *Allowance* yang diberikan kepada operator berdasarkan pada kebutuhan pribadi, keadaan lingkungan, tenaga yang dikeluarkan, sikap dan gerakan kerja, kelelahan mata serta temperatur tempat kerja. PT NGK Busi Indonesia memberikan *allowance* untuk proses perakitan *Plug Cap* adalah sebesar 10% (Tabel 4.12). Hasil perhitungan waktu baku terbesar untuk semua tipe *Plug Cap* (Tabel 4.17) yaitu terdapat pada stasiun kerja 6 (pemasangan *rubber*) dengan jumlah operator sebanyak 2 orang. Waktu baku stasiun kerja 6 terbesar terdapat pada tipe ND05FGA yaitu sebesar 7,71 detik/unit. Stasiun kerja 6 memiliki waktu baku terbesar karena melakukan proses perekatan 2 buah *rubber* (penutup karet) yang dilakukan secara manual.

#### **5.2 Analisis Stasiun Kendala dan Non Kendala**

Hasil dari perhitungan waktu baku digunakan dalam perhitungan kapasitas yang dibutuhkan pada setiap stasiun kerja untuk memenuhi target produksi (Tabel

4.19). Kapasitas yang dibutuhkan diperoleh dari penjumlahan seluruh perkalian waktu baku tiap tipe *Plug Cap* per stasiun kerja dengan permintaan produk per tipe. Kapasitas yang dibutuhkan kemudian dibandingkan dengan kapasitas yang tersedia untuk mengetahui letak stasiun kendala (*bottleneck*). Kapasitas tersedia tersebut merupakan waktu kerja efektif yang tersedia di PT NGK Busi Indonesia.

Penentuan stasiun kendala dan *non* kendala yaitu dengan menghitung nilai *varians* dan persentase beban berdasarkan kapasitas dibutuhkan dan kapasitas yang tersedia. Apabila perhitungan *varians* menghasilkan nilai negatif (-) dan persentase beban bernilai dibawah 100% maka stasiun kerja tersebut tidak mengalami kendala (*non bottleneck*) dan sebaliknya. Apabila perhitungan *varians* menghasilkan nilai positif (+) dan persentase beban bernilai diatas 100% maka stasiun kerja tersebut mengalami kendala (*bottleneck*). Letak stasiun kendala pada lini perakitan *Plug Cap* terdapat pada stasiun kerja 6 yaitu pada proses pemasangan *rubber* dengan *varians* sebesar 8.679,03 menit dan persentase beban sebesar 117,74% (Tabel 4.20). Sebelum stasiun kerja ini sering ditemukan produk setengah jadi (*work in process*) karena waktu proses pada stasiun kerja 6 lebih besar dibandingkan stasiun kerja lain. Hal ini menghambat aliran produksi secara keseluruhan dan *output* yang dihasilkan menjadi sedikit. *Work In Process* (WIP) terjadi karena adanya ketidakseimbangan waktu proses pada stasiun kerja sehingga menimbulkan penumpukan produk setengah jadi atau fasilitas kerja menganggur dan tidak dapat digunakan secara maksimal. Stasiun kerja kendala difokuskan dalam penjadwalan ini yang dijadwalkan berdasarkan waktu proses dan jumlah operator yang dimiliki masing-masing tipe produk untuk setiap prosesnya sehingga dapat mengurangi penumpukan produk setengah jadi.

### **5.3 Analisis Penjadwalan Aktual Perusahaan**

PT NGK Busi Indonesia belum menggunakan metode tertentu dalam menjadwalkan setiap *job* yang datang. Perusahaan melakukan proses produksi berdasarkan ketersediaan material di gudang. Jika ada *job* yang datang dan kebutuhan material mencukupi maka proses perakitan dilakukan. Sebaliknya jika ada *job* yang datang tetapi kebutuhan material tidak mencukupi maka *job* tersebut

menunggu sampai material yang dipesan tiba di gudang. Berdasarkan data yang diperoleh pada bulan Oktober 2015 urutan *job* yang dikerjakan adalah *job* 1-2-3-4-5 dengan *makespan* yang dihasilkan sebesar 63.620,43 menit = 1.060,34 jam (Tabel 4.23). Dari keadaan tersebut bahwa penjadwalan yang dilakukan perusahaan belum tepat untuk memenuhi seluruh *order* karena perusahaan masih mengalami keterlambatan dalam pengiriman.

#### **5.4 Analisis Penjadwalan Awal (Metode *Shifting Bottleneck*)**

Penjadwalan awal digunakan sebagai pembangkit solusi atau solusi awal dalam penerapan Algoritma *Tabu Search*. Solusi awal yang tepat dan sesuai diharapkan akan menghasilkan urutan *job* yang lebih baik, sehingga akan mengurangi jumlah iterasi yang dilakukan untuk mendapatkan solusi optimal atau mendekati optimal dan menghemat waktu dalam perhitungan. Solusi awal dalam tugas akhir ini menggunakan metode *Shifting Bottleneck* karena metode ini merupakan salah satu metode penjadwalan heuristik yang memusatkan perhatian pada stasiun kerja kendala dengan cara mencari jadwal yang sesuai untuk mengurangi adanya *work in process* pada stasiun kendala tersebut. Pada metode *Shifting Bottleneck* terdapat penentuan stasiun kerja kendala. Stasiun kerja yang mengalami kendala ditentukan dari nilai keterlambatan maksimum ( $L_{max}$ ) dan bernilai positif.

Hasil perhitungan penjadwalan awal dengan metode *Shifting Bottleneck* diperoleh nilai *makespan* sebesar 63.273,09 menit = 1.054,55 jam (Tabel 4.31) dengan urutan proses *job* 3-1-4-2-5 (Tabel 4.30). Nilai keterlambatan maksimum ( $L_{max}$ ) terdapat pada stasiun kerja 6 (pemasangan *rubber*) sebesar 3.477,79 menit (Tabel 4.29) sehingga stasiun kerja 6 merupakan stasiun kerja kendala.

#### **5.5 Analisis Penjadwalan Algoritma *Tabu Search***

Penjadwalan Algoritma *Tabu Search* dalam tugas akhir ini bertujuan untuk meminimasi *makespan*. *Move* yang digunakan adalah *neighborhood search* karena pencarian dengan teknik ini lebih teratur, setiap kemungkinan atribut dari struktur dapat dipindah-pindah menggunakan aturan kombinasi. Kondisi yang digunakan

sebagai kriteria terminasi adalah tidak ada lagi solusi baru yang dapat dibangkitkan dari *neighborhood* solusi sekarang, karena semua *move* dalam *neighborhood* tersebut terdapat dalam daftar *tabu* (*tabu list*). Ukuran daftar *tabu* menjadi sangat penting karena harus disesuaikan dengan jumlah data yang ada. Jika ukurannya terlalu kecil maka akan mempercepat terjadinya *local optima* dan jika terlalu besar, maka algoritma ini tidak bekerja secara efektif dan semakin lambat dalam mencari solusi terbaik.

Pada iterasi 1, *tabu list* diisi dengan pertukaran *job* 4 dengan *job* 2 (4,2) karena menghasilkan *makespan* terkecil yaitu sebesar 63.273,09 menit dengan urutan *job* 3-1-2-4-5 (Tabel 4.39) sehingga pertukaran (4,2) tidak digunakan pada iterasi berikutnya (*tabu*). Hasil perhitungan seluruh iterasi pada penjadwalan Algoritma *Tabu Search* didapatkan *makespan* terkecil sebesar 62.993,79 menit = 1.049,90 jam dengan urutan *job* 2-5-3-1-4 pada iterasi 6 (Tabel 4.51).

## 5.6 Analisis Perbandingan *Makespan* Algoritma *Tabu Search* dengan Penjadwalan Aktual Perusahaan

Perbandingan Algoritma *Tabu Search* dengan kondisi aktual perusahaan dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Perbandingan Algoritma *Tabu Search* Dengan Kondisi Awal Perusahaan

No	Penjadwalan	Urutan	<i>Makespan</i>	
			(menit)	(jam)
1	Aktual Perusahaan	1-2-3-4-5	63.620,43	1.060,34
2	Algoritma <i>Tabu Search</i>	2-5-3-1-4	62.993,79	1.049,90
<b>Penurunan</b>			626,64	10,44

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Berdasarkan Tabel 5.1, metode penjadwalan Algoritma *Tabu Search* menghasilkan nilai *makespan* yang lebih kecil dibandingkan dengan penjadwalan aktual perusahaan. Hal ini dikarenakan penjadwalan awal yang digunakan pada Algoritma *Tabu Search* yaitu menggunakan metode *Shifting Bottleneck*. Metode tersebut melakukan pengurutan *job* (*sequencing*) dengan mendahulukan *job* yang dianggap sebagai *bottleneck* yaitu *job* yang memiliki waktu penyelesaian paling panjang sehingga dapat mengurangi *makespan* perusahaan. Dari keadaan diatas

dapat dianalisis bahwa metode penjadwalan Algoritma *Tabu Search* dapat meminimisasi waktu penyelesaian (*makespan*) sebesar 626,64 menit = 10,44 jam.

Parameter *Efficiency Index* (EI) digunakan untuk membandingkan antara metode penjadwalan Algoritma *Tabu Search* dengan penjadwalan aktual perusahaan. Apabila nilai  $EI = 1$  maka kedua penjadwalan memiliki performansi yang sama, bila  $EI < 1$  maka penjadwalan usulan yang diberikan memiliki performansi yang kurang baik dibanding dengan penjadwalan yang digunakan perusahaan dan bila nilai  $EI > 1$  maka penjadwalan usulan yang diberikan memiliki performansi yang lebih baik daripada penjadwalan yang digunakan perusahaan. Hasil perhitungan *Efficiency Index* (EI) yaitu sebesar 1,01, artinya penjadwalan Algoritma *Tabu Search* yang diberikan memiliki performansi yang lebih baik daripada penjadwalan aktual perusahaan maka berdasarkan parameter ini, penerapan Algoritma *Tabu Search* diterima.

Parameter nilai *Relative Error* (RE) digunakan untuk menunjukkan penghematan *makespan* dari metode Algoritma *Tabu Search*. Hasil perhitungan nilai *Relative Error* (RE) menunjukkan bahwa penghematan *makespan* yang diperoleh dengan penerapan Algoritma *Tabu Search* sebesar 0,99% atau 626,64 menit = 10,44 jam, minimasi *makespan* tersebut mengakibatkan waktu penyelesaian untuk seluruh *job* lebih cepat  $\pm 10$  jam.

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh setelah dilakukannya pengolahan dan analisa data diantaranya sebagai berikut:

1. Hasil dari perhitungan kapasitas menunjukkan bahwa stasiun kerja kendala terdapat pada stasiun kerja 6 (pemasangan *rubber*) yang dapat membatasi kapasitas produksi dan menghambat aliran produksi secara keseluruhan. Kapasitas tersedia pada stasiun kerja 6 adalah 48.926,52 menit sedangkan kapasitas yang dibutuhkan lebih besar yaitu 57.605,55 menit.
2. Penjadwalan aktual perusahaan menghasilkan *makespan* sebesar 63.620,43 menit (1.060,34 jam) sedangkan hasil *makespan* dengan penjadwalan Algoritma *Tabu Search* sebesar 62.993,79 menit (1.049,90 jam). Jika dibandingkan diantara keduanya maka penjadwalan aktual perusahaan masih belum optimal karena hasil *makespan* dari penjadwalan Algoritma *Tabu Search* lebih kecil daripada penjadwalan aktual perusahaan.
3. Perancangan penjadwalan dengan menggunakan Metode Algoritma *Tabu Search* menghasilkan urutan *job* 2-5-3-1-4 dengan hasil *Efficiency Index* (EI) yaitu sebesar 1,01 sehingga usulan penjadwalan menggunakan Algoritma *Tabu Search* dapat diterima karena nilai  $EI > 1$ . Nilai *Relative Error* (RE) menunjukkan bahwa penghematan *makespan* yang diperoleh dengan penerapan Algoritma *Tabu Search* sebesar 0,99% atau 626,64 menit (10,44 jam), minimasi *makespan* tersebut mengakibatkan waktu penyelesaian untuk seluruh *job* lebih cepat  $\pm 10$  jam.

#### 6.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah dipaparkan maka saran yang dapat diberikan untuk perbaikan perusahaan adalah sebagai berikut:

1. PT NGK Busi Indonesia sebaiknya melakukan penjadwalan produksi dengan Metode Algoritma *Tabu Search* untuk mengoptimalkan waktu penyelesaian produk.

2. Untuk mendapatkan hasil penjadwalan yang optimal, sebaiknya dilakukan perbaikan terhadap keseimbangan lintasan pada lini perakitan *Plug Cap*, ketersediaan bahan baku, serta dilakukan perawatan berkala terhadap mesin-mesin dan peralatan sehingga mesin dapat beroperasi dengan baik.
3. Pihak perusahaan dapat memperhatikan secara khusus stasiun kerja kendala (*bottleneck*) yang ditemukan agar tidak menghambat aliran produksi pada rantai produksi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adam, E. E. J. dan Ebert, R. J. 1992. *Production and Operation Management: Concept, Models, and Behaviour*, Fifth Edition. Prentice-Hall Inc, Englewood Cliffs. New Jersey.
- Bedworth, D. D. dan Bailey, J. E. 1987. *Integrated Production, Control Systems: Management, Analysis and Design*, 2<sup>nd</sup> Edition. John Wiley & Sons. New York.
- Berlianty, I. dan Miftahol, A. 2010. *Teknik-teknik Optimasi Heuristik*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Fogarty, D.W. Blackstone Jr. John H. Hoffmann, T. R. 1991. *Production & Inventory Management*, 2<sup>nd</sup> Edition. South-Western Publishing Co. Ohio.
- Gaspersz, V. 2004. *Production Planning & Inventory Control*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Ginting, R. 2007. *Sistem Produksi*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Ginting, R. 2009. *Penjadwalan Mesin*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta.
- Glover, F. 1998. *Tabu Search-Wellsprings and Challenges*. *European Journal of Operational Research*. University of Colorado. USA.
- Goldratt. 1990. *What is this thing called Theory Of Constraints and how should it be implemented*. Great Barrington, North River Press Publishing Corporation. USA.
- Groover, MP. 1987. *Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing*. Prentice Hall. New Jersey.
- Himawan, J.T. Santoso. Arishandy V. 2007. *Usulan Penjadwalan Produksi dengan Menggunakan Metode Shifting Bottleneck Heuristic dengan Kriteria Minimasi Makespan*. Yogyakarta.
- Kusuma, H. 2009. *Manajemen Produksi: Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Lestari, A. 2015. *Usulan Penjadwalan Job Untuk Mengurangi Makespan dengan Menggunakan Algoritma Tabu Search Pada Lini Disc di PT Inkoasku*.

- Tugas Akhir*. Jurusan Teknik dan Manajemen Industri Sekolah Tinggi Manajemen Industri. Jakarta.
- Nicholas, J. 1998. *Competitive Manufacturing Management, International Edition*. Mc.Graw-Hill, Inc. Singapore.
- Panggabean, H. P. 2005. *Penjadwalan Jobshop Statik dengan Algoritma Tabu Search*. Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Katolik Parahyangan: Bandung.
- Pardede, M. P. . *Manajemen Operasi dan Produksi: Teori, Model dan Kebijakan*. Penerbit Andi.
- Pinedo, M. 1995. *Scheduling, Theory, Algorithms, and System*. Prentice Hall. New Jersey
- Pinedo, M dan Chao. 1999. *Operations Scheduling With Applications In Manufacturing And Services*. New York University. New York.
- Reny. 2012. *Penjadwalan Produksi dengan Metode Tabu Search pada Lantai Pabrik pada PD. Aneka Industri dan Jasa (PDAIJ) Sumatra Utara*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara. Medan.
- Salam, R.L. 2013. *Penerapan Algoritma Ho-Chang dan Tabu Search Pada Penjadwalan Flowshop*. Tugas Akhir. Jurusan Matematika Universitas Jember. Jember.
- Sipper, D. dan Bulfin, R. L. 1997. *Production; Planning, Control and Integration*. McGraw-Hill. USA.
- Sugiyono. 2010. *Statistika Untuk Penelitian*. Alfabeta. Bandung.
- Sutalaksana, I.Z. Anggawisata, R. dan Tjakraatmadja, J.H. 1979. *Teknik Tata Cara Kerja, Laboratorium Tata Cara Kerja & Ergonomi*. Departemen Teknik Industri – ITB. Bandung.
- Sutalaksana, Iftikar Z, dkk. 2006. *Teknik Perancangan Sistem Kerja*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Wignjosoebroto, S. 2003. *Ergonomi: Studi Gerak dan Waktu*, Institut Teknologi Sepuluh November. Guna Widya. Surabaya.

Wignjosoebroto, S. 2006. *Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*. Guna Widya. Surabaya.

Yasmin, S. A. 2012. *Usulan Penjadwalan produksi Komponen Frame Motor Jenis FU Pada Pressing Section di PT Suzuki Indomobil Motor*. Tugas Akhir. Jurusan Teknik dan Manajemen Industri Sekolah Tinggi Manajemen Industri. Jakarta.

# LAMPIRAN A

HASIL KELIMA TIPE PRODUK *PLUG CAP*

Bagian-bagian *Plug Cap* terdiri dari:

		
<i>Spring</i>	<i>Resistor</i>	<i>Connector</i>
		
<i>Screw Washer</i>	<i>Rubber 1 &amp; 2</i>	<i>Terminal Body Plug Cap</i>

Gambar A.1 Bagian-bagian *Plug Cap*  
(Sumber: PT NGK Busi Indonesia)

Hasil kelima tipe *Plug Cap* sebagai berikut:

1. Tipe LD05FTGK



Gambar A.2 *Plug Cap* Tipe LD05FTGK  
(Sumber: PT NGK Busi Indonesia)

2. Tipe ND05FGA



Gambar A.3 *Plug Cap* Tipe ND05FGA  
(Sumber: PT NGK Busi Indonesia)

3. Tipe SD05FEK



Gambar A.4 *Plug Cap* Tipe SD05FEK  
(Sumber: PT NGK Busi Indonesia)

4. Tipe LD05FTIK



Gambar A.5 *Plug Cap* Tipe LD05FTIK  
(Sumber: PT NGK Busi Indonesia)

5. Tipe LZFH



Gambar A.6 *Plug Cap* Tipe LZFH  
(Sumber: PT NGK Busi Indonesia)

# **LAMPIRAN B**

HASIL PENGUKURAN DAN  
PERHITUNGAN WAKTU SIKLUS

### Tipe LD05FTGK

Tabel B.1 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 2 Tipe LD05FTGK

SK 2 - Pengepresan Fase 1							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	1,92	2,08	2,00	2,09	2,01	1,84	1,99
2	1,87	1,88	1,91	2,04	1,87	2,05	1,94
3	1,91	2,01	1,87	1,95	1,99	2,08	1,97
4	2,03	1,98	2,02	2,07	1,89	1,88	1,98
5	1,97	2,02	1,99	1,96	2,03	1,98	1,99
Total (detik)							9,87
Rata-rata (detik)							1,97

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.2 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 3 Tipe LD05FTGK

SK 3 - Penyusunan Body (2)							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,44	0,49	0,44	0,46	0,45	0,46	0,46
2	0,50	0,51	0,45	0,48	0,43	0,48	0,48
3	0,52	0,48	0,45	0,51	0,47	0,45	0,48
4	0,44	0,49	0,51	0,47	0,47	0,45	0,47
5	0,46	0,50	0,52	0,48	0,45	0,46	0,48
Total (detik)							2,36
Rata-rata (detik)							0,47

SK 3 - Pemasangan Washer C (double)							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	1,48	1,52	1,61	1,43	1,44	1,81	1,55
2	1,58	1,60	1,46	1,72	1,55	1,62	1,59
3	1,45	1,53	1,65	1,62	1,55	1,63	1,57
4	1,63	1,57	1,81	1,49	1,57	1,49	1,59
5	1,59	1,58	1,61	1,60	1,54	1,46	1,56
Total (detik)							7,87
Rata-rata (detik)							1,57

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.3 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 4 Tipe LD05FTGK

SK 4 - Pengepresan Fase 2							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	1,70	1,50	1,56	1,62	1,54	1,56	1,58
2	1,50	1,56	1,60	1,66	1,54	1,50	1,56
3	1,71	1,61	1,58	1,52	1,50	1,52	1,57
4	1,56	1,55	1,57	1,61	1,70	1,57	1,59
5	1,60	1,55	1,58	1,56	1,61	1,50	1,57
Total (detik)							7,87
Rata-rata (detik)							1,57

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.4 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 5 Tipe LD05FTGK

SK 5 - Pengambilan Rakitan							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,76	0,78	0,65	0,58	0,62	0,71	0,68
2	0,63	0,67	0,57	0,66	0,65	0,72	0,65
3	0,59	0,71	0,66	0,65	0,69	0,70	0,67
4	0,69	0,57	0,66	0,71	0,68	0,65	0,66
5	0,66	0,68	0,58	0,78	0,61	0,65	0,66
Total (detik)							3,32
Rata-rata (detik)							0,66
SK 5 - Pengujian Rakitan							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,72	0,67	0,68	0,71	0,72	0,62	0,69
2	0,71	0,69	0,70	0,73	0,71	0,74	0,71
3	0,70	0,74	0,72	0,69	0,71	0,70	0,71
4	0,68	0,75	0,71	0,71	0,66	0,71	0,70
5	0,73	0,73	0,70	0,72	0,67	0,72	0,71
Total (detik)							3,53
Rata-rata (detik)							0,71

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.5 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 6 Tipe LD05FTGK

SK 6 - Pemasangan <i>Rubber</i>							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	6,02	5,51	5,88	5,38	5,55	5,93	5,71
2	5,18	5,37	5,69	5,24	5,78	5,66	5,49
3	5,67	5,49	5,42	5,67	6,02	5,57	5,64
4	5,60	5,63	5,44	5,76	5,52	5,61	5,59
5	5,71	5,47	6,01	5,30	5,26	5,51	5,54
Total (detik)							28
Rata-rata (detik)							5,6

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.6 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 7 Tipe LD05FTGK

SK 7 - Pemasangan <i>Barcode</i>							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,15	0,09	0,13	0,11	0,10	0,11	0,12
2	0,08	0,13	0,12	0,10	0,08	0,07	0,10
3	0,12	0,11	0,08	0,12	0,11	0,11	0,11
4	0,13	0,09	0,15	0,11	0,12	0,09	0,12
5	0,11	0,10	0,09	0,13	0,11	0,12	0,11
Total (detik)							0,55
Rata-rata (detik)							0,11
SK 7 - Inspeksi Visual							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	1,52	1,54	1,52	1,51	1,55	1,48	1,52
2	1,52	1,53	1,55	1,60	1,46	1,55	1,54
3	1,57	1,57	1,57	1,53	1,55	1,52	1,55
4	1,63	1,50	1,60	1,47	1,45	1,49	1,52
5	1,50	1,55	1,49	1,49	1,55	1,57	1,53
Total (detik)							7,66
Rata-rata (detik)							1,53

Lanjutan...

Tabel B.6 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 7 Tipe LD05FTGK (Lanjutan)

SK 7 - Pengemasan							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,12	0,11	0,08	0,12	0,13	0,08	0,11
2	0,12	0,14	0,12	0,15	0,09	0,13	0,13
3	0,10	0,09	0,13	0,15	0,14	0,09	0,12
4	0,09	0,13	0,11	0,10	0,08	0,13	0,11
5	0,11	0,13	0,15	0,14	0,12	0,14	0,13
Total (detik)							0,59
Rata-rata (detik)							0,12

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### Tipe ND05FGA

Tabel B.7 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 1 Tipe ND05FGA

SK 1 - Penyusunan <i>Body</i>							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,48	0,52	0,44	0,49	0,55	0,61	0,52
2	0,54	0,48	0,62	0,54	0,58	0,49	0,54
3	0,55	0,42	0,45	0,66	0,53	0,45	0,51
4	0,51	0,49	0,49	0,55	0,60	0,56	0,53
5	0,52	0,49	0,51	0,54	0,55	0,52	0,52
Total (detik)							2,62
Rata-rata (detik)							0,52
SK 1 - Pemasangan <i>Spring</i>							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,65	0,67	0,71	0,77	0,65	0,58	0,67
2	0,74	0,80	0,72	0,69	0,63	0,59	0,70
3	0,69	0,59	0,69	0,75	0,77	0,67	0,69
4	0,68	0,65	0,73	0,76	0,66	0,59	0,68
5	0,75	0,77	0,69	0,70	0,68	0,70	0,72
Total (detik)							3,45
Rata-rata (detik)							0,69

SK 1 - Pemasangan <i>Resistor</i>							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,47	0,49	0,63	0,54	0,55	0,58	0,54
2	0,60	0,59	0,49	0,47	0,62	0,62	0,57
3	0,48	0,53	0,58	0,53	0,54	0,48	0,52
4	0,48	0,49	0,55	0,53	0,54	0,59	0,53
5	0,61	0,60	0,57	0,62	0,49	0,47	0,56
Total (detik)							2,72
Rata-rata (detik)							0,54
SK 1 - Pemasangan <i>Connector</i>							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,44	0,51	0,46	0,59	0,57	0,54	0,52
2	0,49	0,44	0,58	0,53	0,60	0,54	0,53
3	0,52	0,49	0,51	0,52	0,45	0,44	0,49
4	0,57	0,50	0,51	0,48	0,43	0,51	0,50
5	0,54	0,47	0,49	0,53	0,55	0,52	0,52
Total (detik)							2,55
Rata-rata (detik)							0,51

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.8 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 2 Tipe ND05FGA

SK 2 - Pengepresan							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	2,21	2,05	2,39	2,49	2,33	2,20	2,28
2	2,04	2,10	2,03	2,43	2,22	2,46	2,21
3	2,45	2,39	2,34	2,09	2,25	2,30	2,30
4	2,04	2,17	2,32	2,19	2,53	2,49	2,29
5	2,14	2,43	2,25	2,03	2,13	2,06	2,17
Total (detik)							11,3
Rata-rata (detik)							2,25

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.9 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 3 Tipe ND05FGA

SK 3 - Inspeksi Kedalaman							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	1,45	1,12	1,39	1,35	1,24	1,29	1,31
2	1,34	1,22	1,25	1,39	1,29	1,33	1,30
3	1,18	1,39	1,25	1,51	1,13	1,29	1,29
4	1,34	1,27	1,23	1,28	1,22	1,32	1,28
5	1,29	1,34	1,25	1,17	1,25	1,32	1,27
Total (detik)							6,45
Rata-rata (detik)							1,29

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.10 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 5 Tipe ND05FGA

SK 5 - Pengambilan Rakitan							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,89	0,85	1,21	1,12	0,98	0,99	1,01
2	1,02	0,81	0,85	0,92	0,98	0,87	0,91
3	0,99	0,89	0,94	0,92	0,96	1,11	0,97
4	0,87	0,93	1,01	0,89	1,09	1,10	0,98
5	0,92	1,13	0,83	0,97	0,85	0,87	0,93
Total (detik)							4,79
Rata-rata (detik)							0,96
SK 5 - Pengujian Rakitan							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,76	0,81	0,92	0,78	0,79	0,88	0,82
2	0,89	0,84	0,79	0,82	0,90	0,83	0,85
3	0,90	0,91	0,78	0,80	0,88	0,79	0,84
4	0,87	0,82	0,91	0,79	0,78	0,80	0,83
5	0,83	0,79	0,87	0,78	0,76	0,81	0,81
Total (detik)							4,15
Rata-rata (detik)							0,83

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.11 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 6 Tipe ND05FGA

SK 6 - Pemasangan <i>Rubber</i>							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	5,92	6,82	6,72	6,81	5,99	6,75	6,50
2	6,52	6,12	6,76	6,55	6,78	6,89	6,60
3	5,94	6,17	6,55	6,64	6,79	6,65	6,46
4	6,73	6,86	6,47	6,59	6,35	6,53	6,59
5	6,06	6,51	6,64	6,81	5,99	6,78	6,47
Total (detik)							32,6
Rata-rata (detik)							6,52

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.12 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 7 Tipe ND05FGA

SK 7 - Pemasangan <i>Barcode</i>							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,21	0,19	0,18	0,22	0,15	0,17	0,19
2	0,18	0,19	0,17	0,19	0,16	0,20	0,18
3	0,17	0,19	0,16	0,15	0,17	0,20	0,17
4	0,19	0,21	0,18	0,19	0,18	0,19	0,19
5	0,19	0,22	0,18	0,18	0,19	0,17	0,19
Total (detik)							0,92
Rata-rata (detik)							0,18
SK 7 - Inspeksi Visual							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	1,47	1,65	1,45	1,51	1,68	1,44	1,53
2	1,49	1,52	1,73	1,56	1,62	1,46	1,56
3	1,57	1,67	1,44	1,51	1,57	1,72	1,58
4	1,53	1,49	1,62	1,71	1,73	1,58	1,61
5	1,57	1,59	1,61	1,45	1,62	1,67	1,59
Total (detik)							7,87
Rata-rata (detik)							1,57

SK 7 - Pengemasan							
Sub Grup	xi (detik)						$\bar{x}$
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	
1	0,12	0,18	0,16	0,13	0,15	0,17	0,15
2	0,19	0,14	0,09	0,17	0,15	0,19	0,16
3	0,13	0,17	0,16	0,09	0,12	0,13	0,13
4	0,17	0,11	0,13	0,10	0,15	0,16	0,14
5	0,11	0,16	0,17	0,15	0,16	0,15	0,15
Total (detik)							0,73
Rata-rata (detik)							0,15

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### Tipe SD05FEK

Tabel B.13 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 1 Tipe SD05FEK

SK 1 - Penyusunan <i>Body</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,37	0,48	0,51	0,42	0,46	0,39	0,44
2	0,44	0,45	0,47	0,35	0,49	0,50	0,45
3	0,47	0,39	0,48	0,52	0,46	0,44	0,46
4	0,48	0,38	0,40	0,41	0,47	0,43	0,43
5	0,45	0,37	0,39	0,39	0,46	0,45	0,42
Total (detik)							2,2
Rata-rata (detik)							0,44
SK 1 - Pemasangan <i>Spring (double)</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,78	1,02	0,98	1,11	0,97	0,98	0,97
2	0,98	0,94	0,89	0,84	1,13	1,09	0,98
3	0,79	0,95	1,09	0,99	0,96	0,98	0,96
4	1,09	1,04	0,99	1,00	0,79	0,88	0,97
5	0,98	1,01	1,06	0,99	0,98	1,01	1,01
Total (detik)							4,88
Rata-rata (detik)							0,98

SK 1 - Pemasangan <i>Resistor</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,63	0,67	0,69	0,58	0,71	0,73	0,67
2	0,69	0,64	0,66	0,59	0,67	0,71	0,66
3	0,69	0,66	0,57	0,59	0,69	0,67	0,65
4	0,73	0,62	0,66	0,61	0,53	0,69	0,64
5	0,66	0,72	0,69	0,71	0,54	0,65	0,66
Total (detik)							3,28
Rata-rata (detik)							0,66
SK 1 - Pemasangan <i>Screw Washer A</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,37	0,46	0,52	0,44	0,49	0,51	0,47
2	0,39	0,48	0,55	0,53	0,37	0,4	0,45
3	0,49	0,45	0,41	0,52	0,47	0,39	0,46
4	0,45	0,44	0,39	0,48	0,46	0,46	0,45
5	0,38	0,54	0,45	0,49	0,48	0,51	0,48
Total (detik)							2,30
Rata-rata (detik)							0,46

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.14 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 2 Tipe SD05FEK

SK 2 - Pengepresan Fase 1							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	1,52	1,63	1,78	1,87	1,59	1,87	1,71
2	1,74	1,78	1,89	1,55	1,72	1,82	1,75
3	1,73	1,68	1,93	1,69	1,89	1,67	1,77
4	1,78	1,82	1,68	1,59	1,74	1,79	1,73
5	1,74	1,78	1,64	1,65	1,77	1,88	1,74
Total (detik)							8,70
Rata-rata (detik)							1,74

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.15 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 3 Tipe SD05FEK

SK 3 - Penyusunan Body (2)							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,45	0,38	0,52	0,43	0,48	0,44	0,45
2	0,47	0,39	0,45	0,47	0,44	0,52	0,46
3	0,38	0,42	0,42	0,51	0,48	0,42	0,44
4	0,44	0,43	0,38	0,41	0,5	0,42	0,43
5	0,44	0,46	0,51	0,39	0,43	0,44	0,45
Total (detik)							2,22
Rata-rata (detik)							0,44
SK 3 - Pemasangan Washer C							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,74	0,82	0,88	0,79	1,12	0,98	0,89
2	0,89	0,78	0,94	0,87	0,77	1,05	0,88
3	0,85	0,76	0,99	0,93	0,95	0,96	0,91
4	0,88	0,91	0,97	0,92	0,89	0,82	0,9
5	0,89	0,79	0,85	0,98	1,02	0,77	0,88
Total (detik)							4,46
Rata-rata (detik)							0,89

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.16 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 4 Tipe SD05FEK

SK 4 - Pengepresan Fase 2							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	1,41	1,56	1,47	1,33	1,51	1,49	1,46
2	1,51	1,48	1,52	1,53	1,49	1,42	1,49
3	1,38	1,58	1,56	1,51	1,48	1,46	1,50
4	1,50	1,38	1,49	1,44	1,53	1,48	1,47
5	1,47	1,48	1,39	1,47	1,39	1,50	1,45
Total (detik)							7,37
Rata-rata (detik)							1,47

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.17 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 5 Tipe SD05FEK

SK 5 - Pengambilan Rakitan							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,58	0,52	0,61	0,49	0,59	0,58	0,56
2	0,61	0,52	0,59	0,65	0,49	0,61	0,58
3	0,63	0,57	0,59	0,63	0,66	0,57	0,61
4	0,5	0,52	0,49	0,58	0,63	0,66	0,56
5	0,61	0,62	0,65	0,59	0,67	0,55	0,62
Total (detik)							2,93
Rata-rata (detik)							0,59
SK 5 - Pengujian Rakitan							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,69	0,72	0,69	0,83	0,85	0,79	0,76
2	0,78	0,70	0,78	0,85	0,87	0,80	0,80
3	0,73	0,79	0,88	0,76	0,82	0,73	0,79
4	0,79	0,77	0,83	0,69	0,70	0,82	0,77
5	0,77	0,87	0,82	0,84	0,78	0,83	0,82
Total (detik)							3,93
Rata-rata (detik)							0,79

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.18 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 6 Tipe SD05FEK

SK 6 - Pemasangan <i>Rubber</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	5,41	5,34	5,63	5,43	5,65	5,48	5,49
2	5,36	5,41	5,48	5,26	5,49	5,61	5,44
3	5,48	5,66	5,39	5,4	5,27	5,22	5,4
4	5,61	5,43	5,37	5,29	5,43	5,44	5,43
5	5,27	5,47	5,36	5,55	5,48	5,33	5,41
Total (detik)							27,2
Rata-rata (detik)							5,43

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.19 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 7 Tipe SD05FEK

SK 7 - Pemasangan <i>Barcode</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,13	0,17	0,16	0,09	0,12	0,13	0,13
2	0,12	0,18	0,16	0,13	0,15	0,17	0,15
3	0,19	0,14	0,09	0,17	0,15	0,19	0,16
4	0,11	0,16	0,17	0,15	0,16	0,15	0,15
5	0,17	0,11	0,13	0,10	0,15	0,16	0,14
Total (detik)							0,73
Rata-rata (detik)							0,15
SK 7 - Inspeksi Visual							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	1,38	1,58	1,56	1,51	1,48	1,46	1,50
2	1,47	1,48	1,49	1,47	1,39	1,50	1,47
3	1,42	1,39	1,58	1,56	1,53	1,55	1,51
4	1,51	1,48	1,52	1,53	1,49	1,42	1,49
5	1,49	1,56	1,47	1,52	1,38	1,48	1,48
Total (detik)							7,44
Rata-rata (detik)							1,49

SK 7 - Pengemasan							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,11	0,14	0,12	0,12	0,13	0,15	0,13
2	0,12	0,16	0,15	0,11	0,1	0,09	0,12
3	0,16	0,14	0,09	0,17	0,15	0,19	0,15
4	0,13	0,17	0,16	0,09	0,12	0,13	0,13
5	0,17	0,11	0,13	0,10	0,15	0,16	0,14
Total (detik)							0,67
Rata-rata (detik)							0,13

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### Tipe LD05FTIK

Tabel B.20 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 1 Tipe LD05FTIK

SK 1 - Penyusunan <i>Body</i> (1)							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,39	0,55	0,47	0,35	0,48	0,52	0,46
2	0,56	0,52	0,49	0,44	0,51	0,48	0,50
3	0,43	0,47	0,51	0,38	0,41	0,50	0,45
4	0,52	0,39	0,46	0,49	0,47	0,50	0,47
5	0,51	0,38	0,53	0,51	0,46	0,48	0,48
Total (detik)							2,36
Rata-rata (detik)							0,47
SK 1 - Pemasangan <i>Spring</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,58	0,65	0,73	0,76	0,66	0,59	0,66
2	0,75	0,77	0,69	0,70	0,68	0,70	0,72
3	0,74	0,80	0,72	0,69	0,63	0,59	0,70
4	0,65	0,67	0,71	0,77	0,65	0,58	0,67
5	0,69	0,59	0,69	0,75	0,77	0,67	0,69
Total (detik)							3,44
Rata-rata (detik)							0,69

SK 1 - Pemasangan <i>Resistor</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,58	0,52	0,65	0,49	0,59	0,58	0,57
2	0,61	0,52	0,59	0,65	0,49	0,61	0,58
3	0,5	0,52	0,49	0,58	0,63	0,66	0,56
4	0,61	0,62	0,65	0,59	0,61	0,55	0,61
5	0,63	0,57	0,59	0,63	0,62	0,57	0,60
Total (detik)							2,92
Rata-rata (detik)							0,58
SK 1 - Pemasangan <i>Screw Washer C + A</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,63	0,69	0,65	0,58	0,66	0,56	0,63
2	0,62	0,64	0,66	0,62	0,72	0,61	0,65
3	0,69	0,66	0,57	0,66	0,69	0,57	0,64
4	0,58	0,59	0,59	0,61	0,71	0,61	0,62
5	0,66	0,67	0,69	0,53	0,54	0,51	0,60
Total (detik)							3,13
Rata-rata (detik)							0,63

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.21 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 2 Tipe LD05FTIK

SK 2 - Pengepresan Fase 1							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	1,92	1,87	1,89	2,03	1,91	1,81	1,91
2	2,00	1,88	2,01	1,78	2,02	1,78	1,91
3	1,88	1,91	1,87	2,02	1,91	1,77	1,89
4	1,79	2,04	1,95	2,01	1,96	1,75	1,92
5	2,01	1,87	1,91	1,89	1,99	1,72	1,90
Total (detik)							9,53
Rata-rata (detik)							1,91

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.23 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 3 Tipe LD05FTIK

SK 3 - Penyusunan Body (2)							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,44	0,49	0,44	0,47	0,45	0,52	0,47
2	0,50	0,51	0,45	0,48	0,43	0,55	0,49
3	0,52	0,48	0,52	0,51	0,47	0,51	0,50
4	0,44	0,49	0,51	0,47	0,47	0,54	0,49
5	0,46	0,50	0,52	0,48	0,45	0,49	0,48
Total (detik)							2,43
Rata-rata (detik)							0,49
SK 3 - Pemasangan Washer C (double)							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	1,38	1,47	1,49	1,51	1,49	1,46	1,47
2	1,58	1,48	1,39	1,48	1,56	1,50	1,50
3	1,56	1,39	1,58	1,52	1,51	1,55	1,52
4	1,51	1,47	1,46	1,53	1,52	1,39	1,48
5	1,48	1,39	1,53	1,49	1,38	1,48	1,46
Total (detik)							7,42
Rata-rata (detik)							1,48

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.24 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 4 Tipe LD05FTIK

SK 4 - Pengepresan Fase 2							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	1,57	1,57	1,57	1,53	1,55	1,52	1,55
2	1,63	1,50	1,60	1,47	1,45	1,49	1,52
3	1,52	1,53	1,55	1,60	1,46	1,55	1,54
4	1,50	1,55	1,49	1,49	1,55	1,57	1,53
5	1,52	1,54	1,52	1,51	1,55	1,48	1,52
Total (detik)							7,66
Rata-rata (detik)							1,53

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.25 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 5 Tipe LD05FTIK

SK 5 - Pengambilan Rakitan							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,67	0,64	0,66	0,62	0,72	0,63	0,66
2	0,69	0,66	0,57	0,66	0,69	0,69	0,66
3	0,58	0,59	0,59	0,61	0,71	0,69	0,63
4	0,71	0,67	0,69	0,53	0,54	0,73	0,65
5	0,73	0,68	0,67	0,61	0,65	0,66	0,67
Total (detik)							3,26
Rata-rata (detik)							0,65
SK 5 - Pengujian Rakitan							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,74	0,69	0,74	0,75	0,75	0,77	0,74
2	0,68	0,67	0,76	0,71	0,74	0,73	0,72
3	0,71	0,73	0,69	0,71	0,72	0,71	0,71
4	0,72	0,71	0,71	0,69	0,67	0,75	0,71
5	0,69	0,75	0,77	0,77	0,75	0,77	0,75
Total (detik)							3,63
Rata-rata (detik)							0,73

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.26 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 6 Tipe LD05FTIK

SK 6 - Pemasangan <i>Rubber</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	5,63	5,43	5,65	6,32	5,51	6,02	5,76
2	6,11	5,56	5,49	5,48	5,90	5,69	5,71
3	5,69	6,12	5,67	5,67	5,49	5,72	5,73
4	5,87	5,69	5,73	5,60	5,63	5,64	5,69
5	5,73	5,55	5,88	5,71	5,47	6,01	5,73
Total (detik)							28,6
Rata-rata (detik)							5,72

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.27 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 7 Tipe LD05FTIK

SK 7 - Pemasangan <i>Barcode</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,15	0,16	0,19	0,21	0,17	0,21	0,18
2	0,18	0,17	0,16	0,15	0,18	0,15	0,17
3	0,21	0,19	0,15	0,17	0,16	0,17	0,18
4	0,15	0,16	0,17	0,18	0,15	0,16	0,16
5	0,17	0,20	0,20	0,19	0,17	0,19	0,19
Total (detik)							0,87
Rata-rata (detik)							0,17
SK 7 - Inspeksi Visual							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	1,58	1,48	1,39	1,48	1,56	1,38	1,48
2	1,56	1,39	1,58	1,52	1,51	1,47	1,51
3	1,51	1,47	1,56	1,53	1,52	1,42	1,5
4	1,48	1,39	1,53	1,49	1,38	1,51	1,46
5	1,46	1,50	1,55	1,42	1,48	1,49	1,48
Total (detik)							7,43
Rata-rata (detik)							1,49

SK 7 - Pengemasan							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,14	0,16	0,14	0,17	0,11	0,11	0,14
2	0,12	0,15	0,09	0,16	0,13	0,12	0,13
3	0,12	0,11	0,17	0,09	0,10	0,13	0,12
4	0,13	0,1	0,15	0,12	0,15	0,13	0,13
5	0,15	0,09	0,19	0,13	0,16	0,17	0,15
Total (detik)							0,67
Rata-rata (detik)							0,13

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### Tipe LZFH

Tabel B.28 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 1 Tipe LZFH

SK 1 - Penyusunan <i>Body</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,35	0,48	0,52	0,43	0,47	0,51	0,46
2	0,44	0,51	0,48	0,52	0,39	0,46	0,47
3	0,38	0,41	0,50	0,51	0,38	0,53	0,45
4	0,39	0,55	0,47	0,49	0,47	0,50	0,48
5	0,56	0,52	0,49	0,51	0,46	0,48	0,50
Total (detik)							2,36
Rata-rata (detik)							0,47
SK 1 - Pemasangan <i>Spring</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,58	0,71	0,73	0,69	0,66	0,57	0,66
2	0,59	0,67	0,71	0,73	0,62	0,66	0,66
3	0,59	0,69	0,67	0,66	0,72	0,69	0,67
4	0,63	0,67	0,69	0,61	0,53	0,69	0,64
5	0,69	0,64	0,66	0,71	0,54	0,65	0,65
Total (detik)							3,28
Rata-rata (detik)							0,66

SK 1 - Pemasangan <i>Resistor</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,62	0,72	0,63	0,58	0,59	0,59	0,62
2	0,66	0,59	0,69	0,71	0,67	0,61	0,66
3	0,61	0,71	0,69	0,63	0,68	0,67	0,67
4	0,67	0,64	0,66	0,53	0,54	0,73	0,63
5	0,69	0,66	0,57	0,61	0,65	0,66	0,64
Total (detik)							3,21
Rata-rata (detik)							0,64
SK 1 - Pemasangan <i>Screw Washer A</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,48	0,49	0,55	0,47	0,49	0,63	0,52
2	0,61	0,60	0,57	0,60	0,59	0,49	0,58
3	0,53	0,54	0,48	0,62	0,57	0,61	0,56
4	0,53	0,54	0,59	0,53	0,54	0,59	0,55
5	0,62	0,49	0,47	0,62	0,49	0,47	0,53
Total (detik)							2,73
Rata-rata (detik)							0,55

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.29 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 2 Tipe LZFH

SK 2 - Pengepresan Fase 1							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	2,02	1,91	1,77	1,73	1,87	1,71	1,84
2	2,01	1,96	1,75	1,88	1,73	1,89	1,87
3	1,89	1,99	1,72	1,92	1,87	1,89	1,88
4	1,78	1,82	1,9	2,00	1,88	2,01	1,90
5	1,93	1,92	1,87	1,88	1,97	1,87	1,91
Total (detik)							9,39
Rata-rata (detik)							1,88

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.30 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 3 Tipe LZFH

SK 3 - Penyusunan Body (2)							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,43	0,45	0,44	0,47	0,50	0,51	0,47
2	0,48	0,43	0,51	0,54	0,47	0,49	0,49
3	0,53	0,55	0,52	0,48	0,63	0,46	0,53
4	0,54	0,57	0,54	0,49	0,44	0,53	0,52
5	0,53	0,55	0,54	0,45	0,49	0,51	0,51
Total (detik)							2,51
Rata-rata (detik)							0,5
SK 3 - Pemasangan Washer C							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,93	0,95	0,96	0,89	0,91	0,97	0,94
2	0,92	0,89	0,92	0,89	0,79	0,85	0,88
3	0,98	1,02	0,77	0,74	0,82	0,88	0,87
4	0,79	1,12	0,98	0,89	0,78	0,94	0,92
5	0,87	0,97	1,05	0,85	0,86	0,99	0,93
Total (detik)							4,53
Rata-rata (detik)							0,91

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.31 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 4 Tipe LZFH

SK 4 - Pengepresan Fase 2							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	1,52	1,61	1,62	1,56	1,71	1,57	1,60
2	1,61	1,70	1,57	1,66	1,55	1,58	1,61
3	1,56	1,61	1,50	1,70	1,60	1,56	1,59
4	1,62	1,64	1,56	1,66	1,72	1,60	1,63
5	1,66	1,54	1,59	1,71	1,61	1,58	1,62
Total (detik)							8,05
Rata-rata (detik)							1,61

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.32 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 5 Tipe LZFH

SK 5 - Pengambilan Rakitan							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,63	0,61	0,63	0,55	0,64	0,61	0,61
2	0,67	0,59	0,62	0,69	0,62	0,57	0,63
3	0,59	0,61	0,63	0,59	0,62	0,54	0,60
4	0,65	0,64	0,66	0,63	0,64	0,63	0,64
5	0,69	0,57	0,61	0,68	0,56	0,58	0,62
Total (detik)							3,09
Rata-rata (detik)							0,62
SK 5 - Pengujian Rakitan							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,76	0,69	0,70	0,68	0,73	0,78	0,72
2	0,77	0,75	0,81	0,81	0,75	0,8	0,78
3	0,77	0,76	0,69	0,73	0,67	0,77	0,73
4	0,78	0,66	0,80	0,79	0,69	0,79	0,75
5	0,76	0,81	0,68	0,78	0,73	0,69	0,74
Total (detik)							3,73
Rata-rata (detik)							0,75

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel B.33 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 6 Tipe LZFH

SK 6 - Pemasangan <i>Rubber</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	5,69	6,12	5,67	5,67	5,49	5,72	5,73
2	5,87	5,69	5,73	5,60	5,63	5,64	5,69
3	5,73	5,55	5,88	5,71	5,47	6,01	5,73
4	6,11	5,56	5,49	5,48	5,90	5,69	5,71
5	5,63	5,43	5,65	6,32	5,51	5,65	5,70
Total (detik)							28,5
Rata-rata (detik)							5,71

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

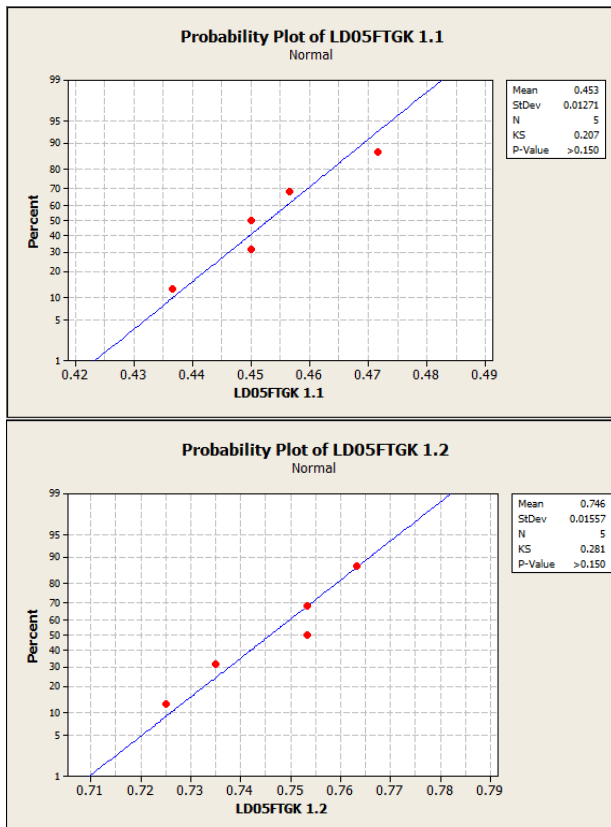
Tabel B.34 Hasil Pengukuran dan Perhitungan Waktu Siklus SK 7 Tipe LZFH

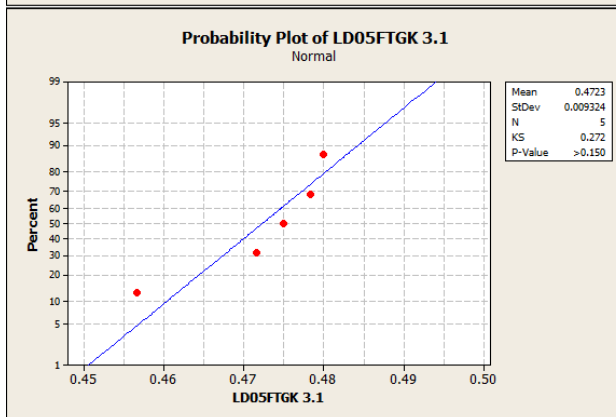
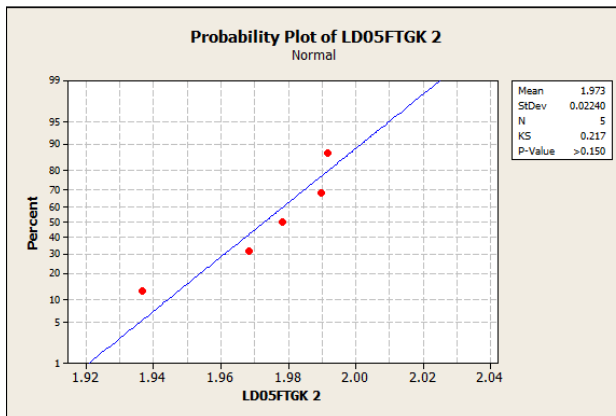
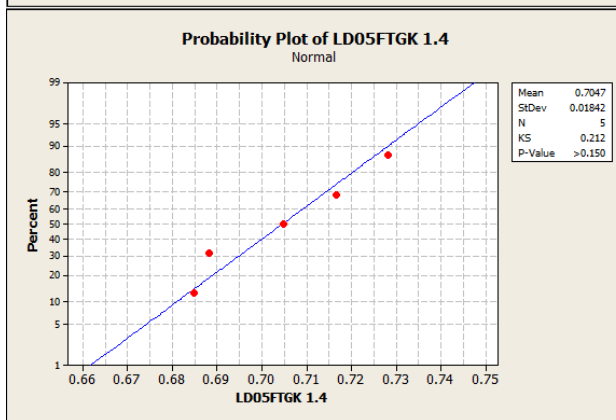
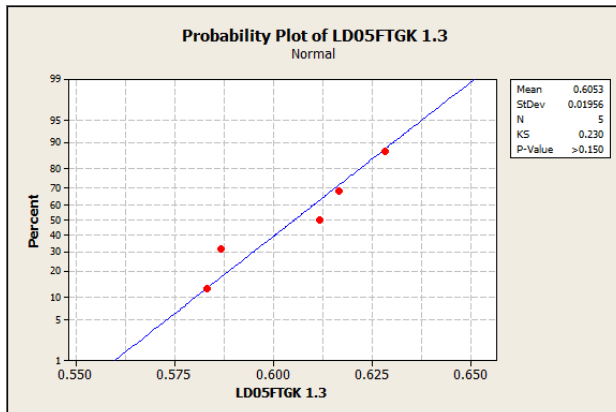
SK 7 - Pemasangan <i>Barcode</i>							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,17	0,11	0,11	0,14	0,16	0,14	0,14
2	0,16	0,13	0,12	0,12	0,15	0,09	0,13
3	0,09	0,10	0,13	0,12	0,11	0,17	0,12
4	0,12	0,15	0,13	0,13	0,10	0,15	0,13
5	0,13	0,16	0,17	0,15	0,09	0,19	0,15
Total (detik)							0,67
Rata-rata (detik)							0,13
SK 7 - Inspeksi Visual							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	1,56	1,55	1,57	1,61	1,70	1,57	1,59
2	1,71	1,61	1,58	1,59	1,57	1,52	1,60
3	1,60	1,55	1,58	1,56	1,61	1,72	1,60
4	1,70	1,50	1,56	1,62	1,54	1,56	1,58
5	1,50	1,56	1,67	1,66	1,54	1,72	1,61
Total (detik)							7,98
Rata-rata (detik)							1,60

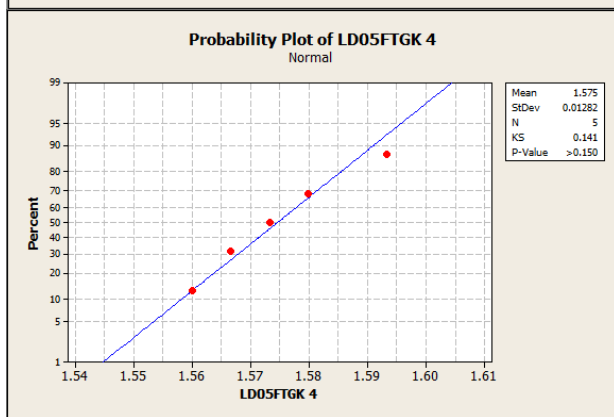
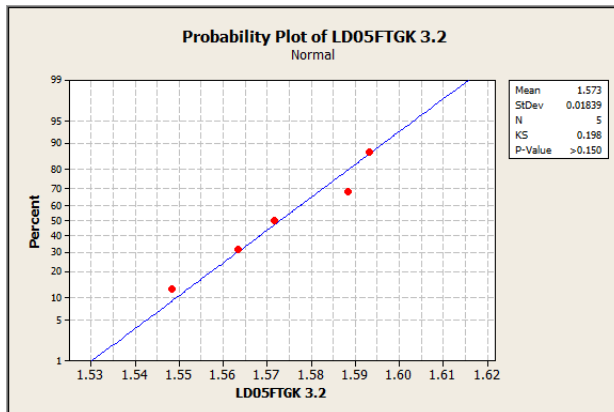
SK 7 - Pengemasan							
Sub Grup	Xi (detik)						$\bar{x}$
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	
1	0,17	0,16	0,13	0,12	0,13	0,09	0,13
2	0,18	0,16	0,12	0,15	0,17	0,13	0,15
3	0,14	0,09	0,19	0,15	0,19	0,17	0,16
4	0,16	0,17	0,11	0,16	0,15	0,15	0,15
5	0,11	0,13	0,17	0,15	0,16	0,10	0,14
Total (detik)							0,73
Rata-rata (detik)							0,15

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

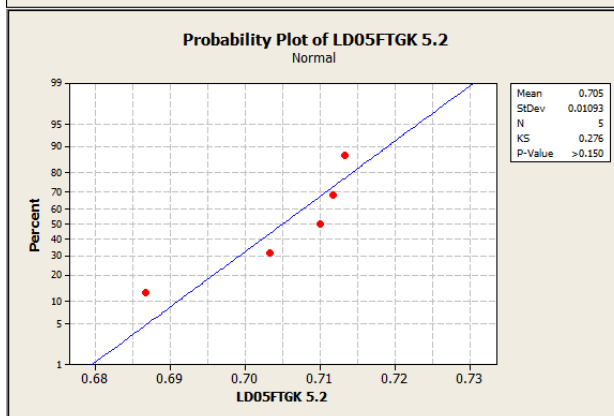
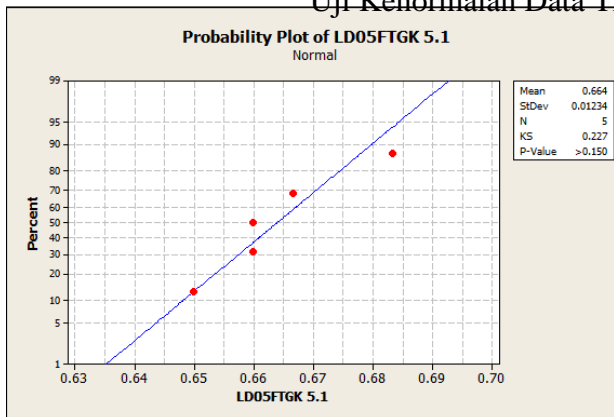
### Uji Kenormalan Data Tipe LD05FTGK

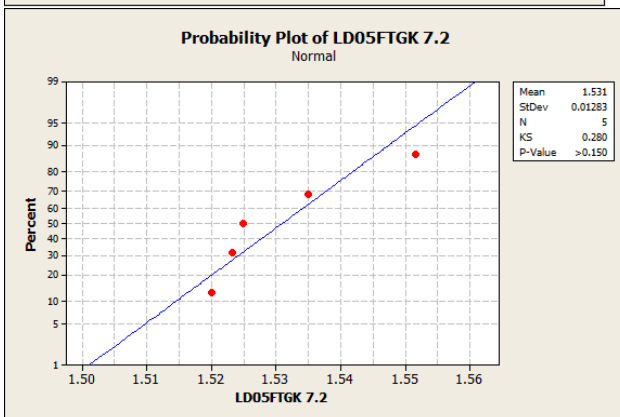
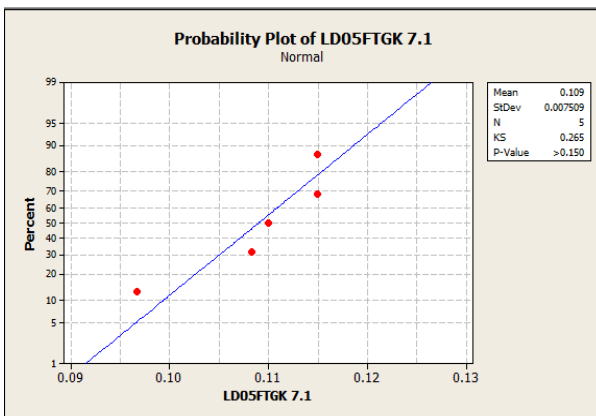
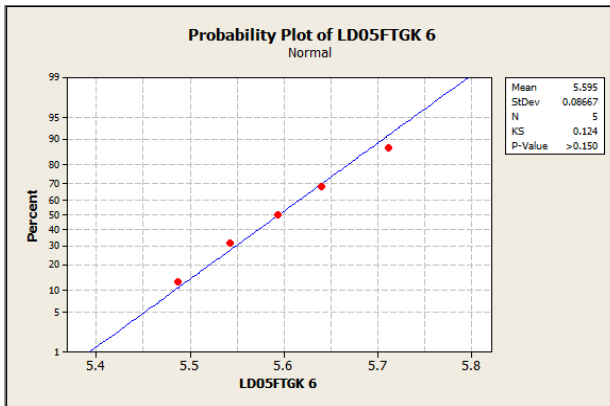


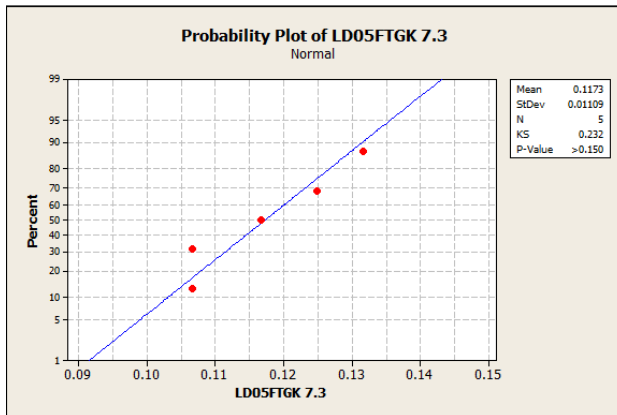




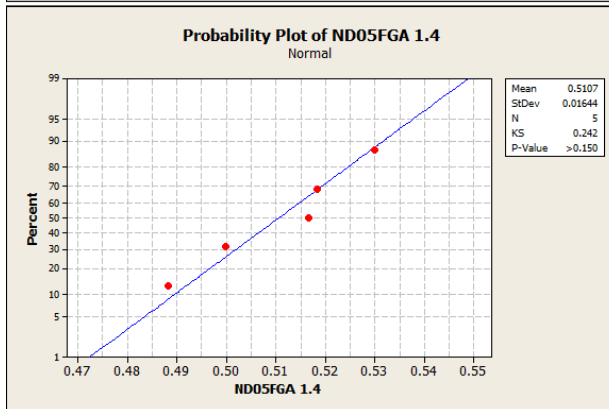
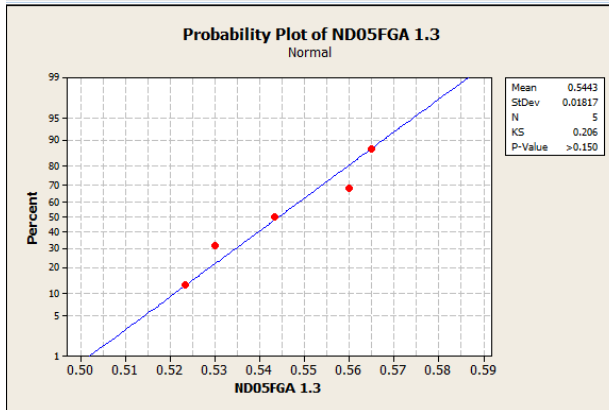
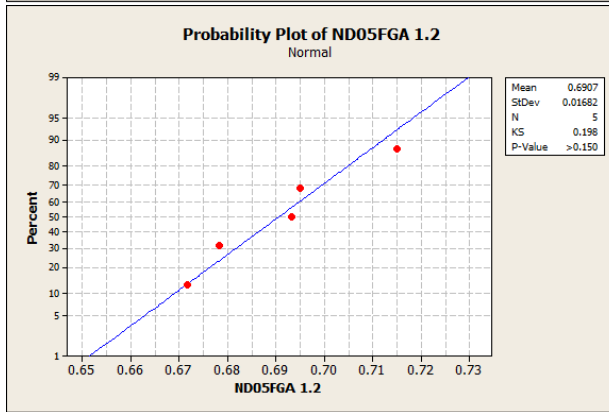
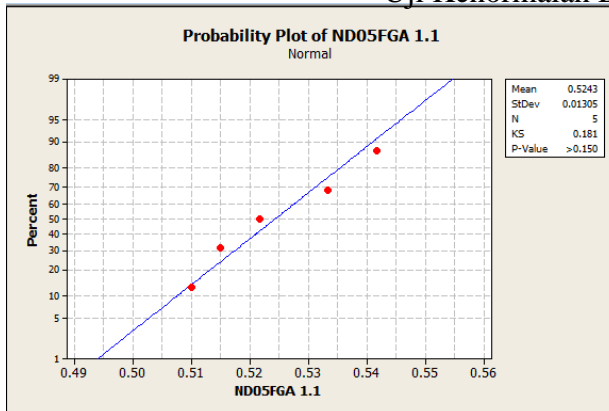
Uji Kenormalan Data Tipe LD05FTGK (Lanjutan)

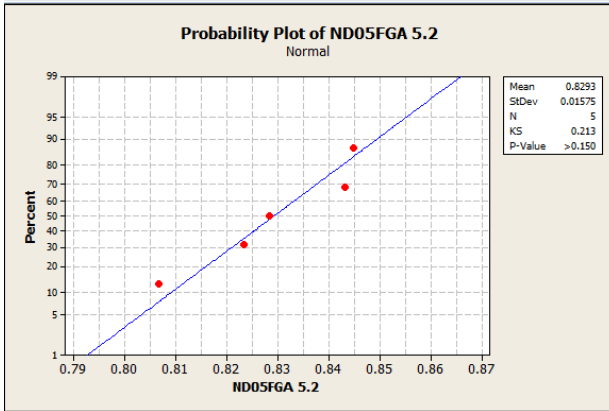
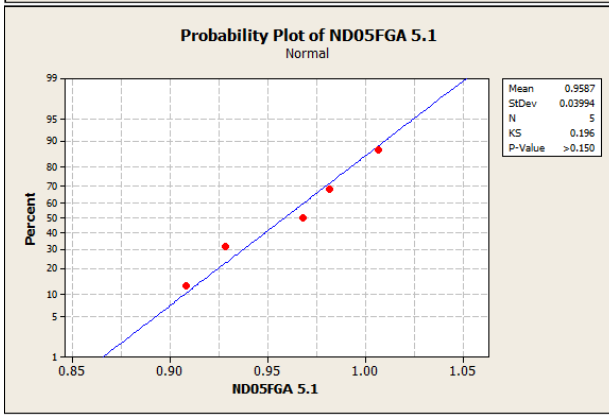
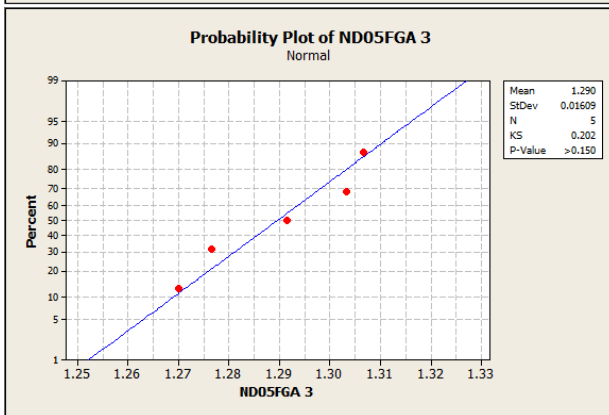
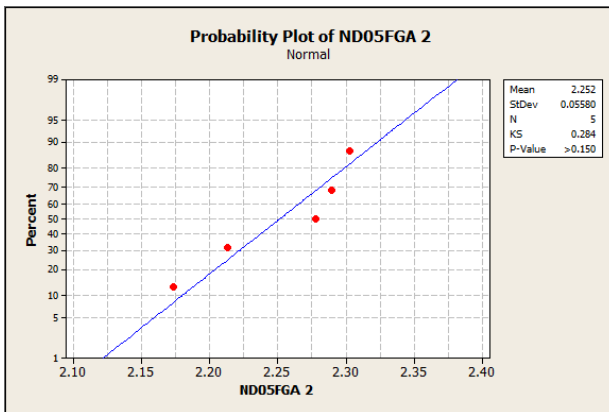




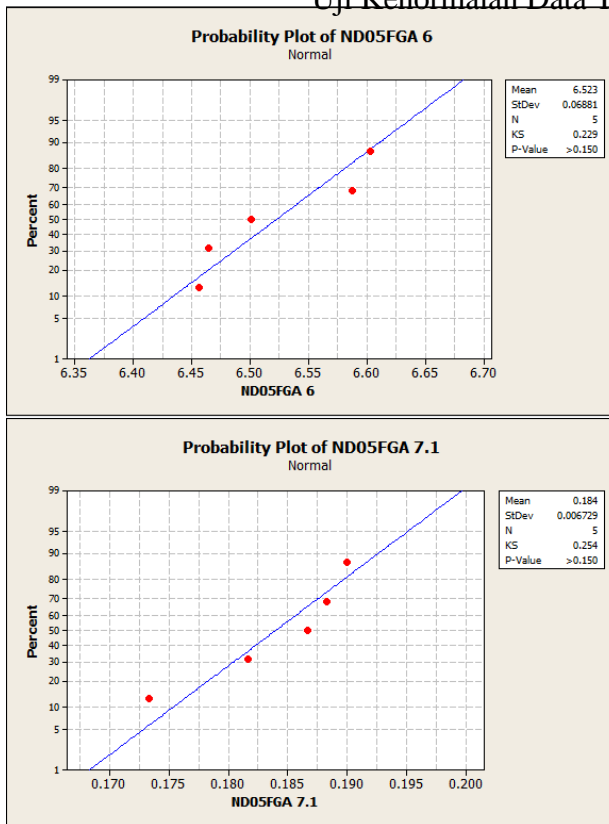


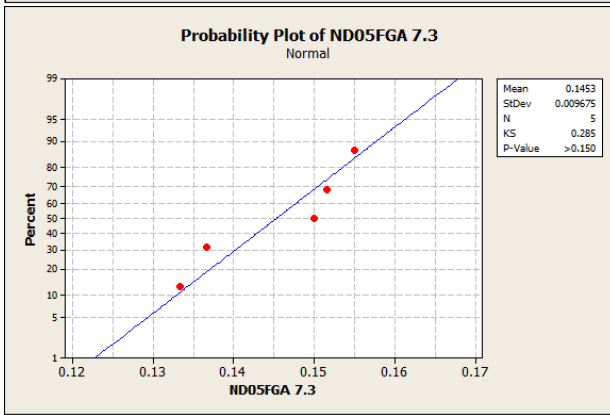
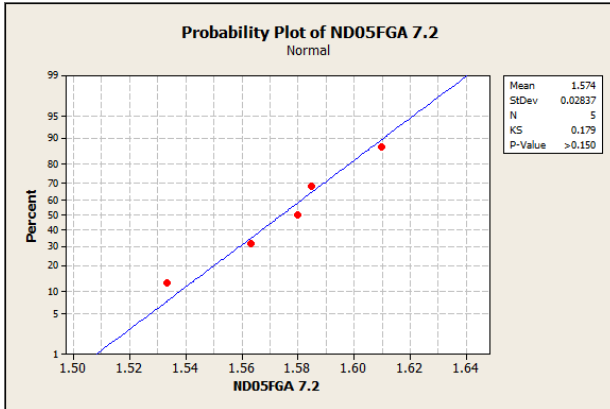
## Uji Kenormalan Data Tipe ND05FGA



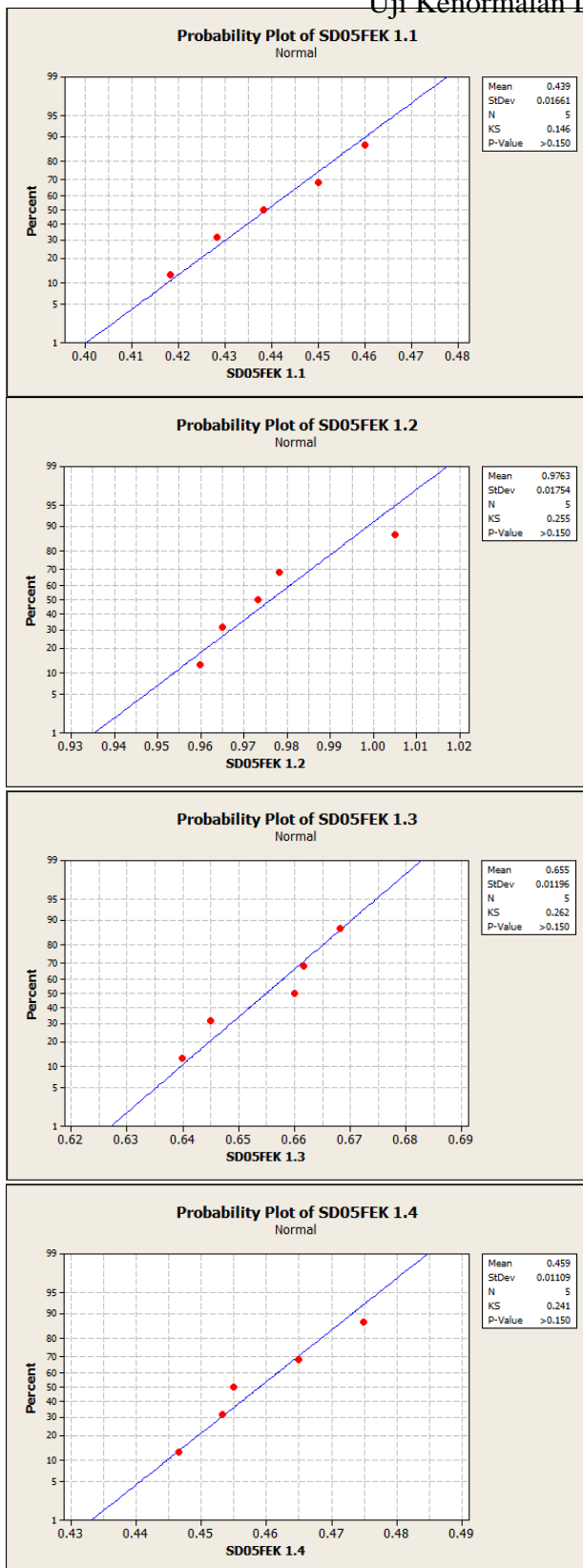


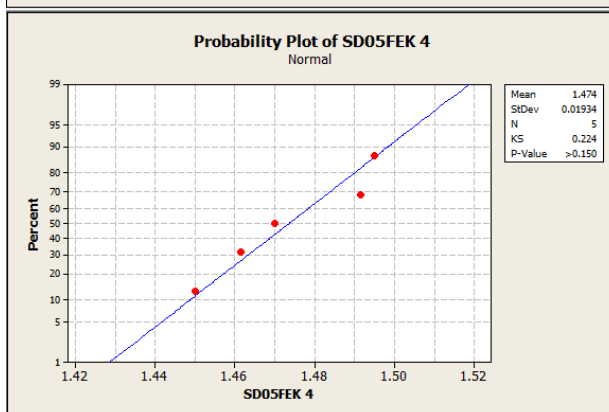
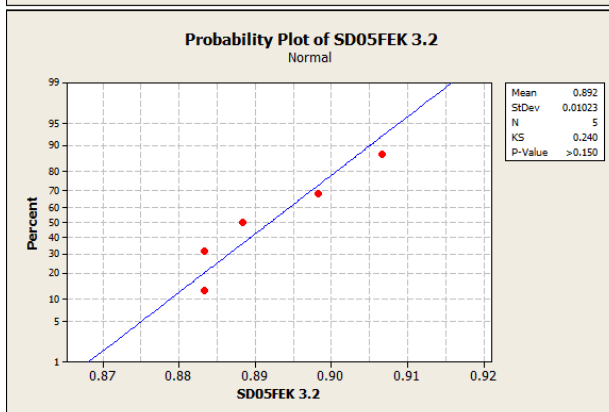
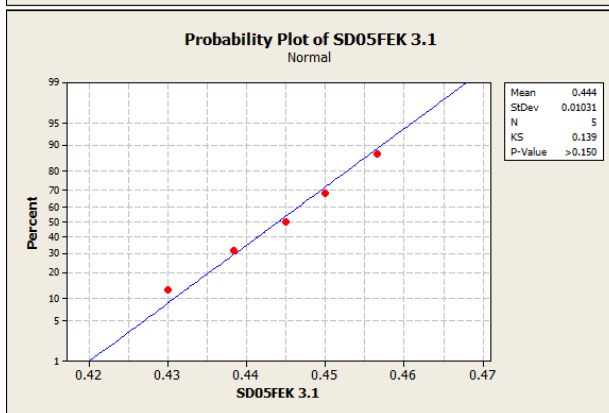
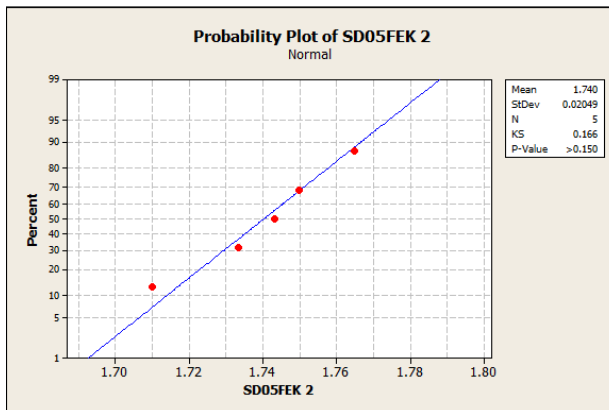
### Uji Kenormalan Data Tipe ND05FGA (Lanjutan)



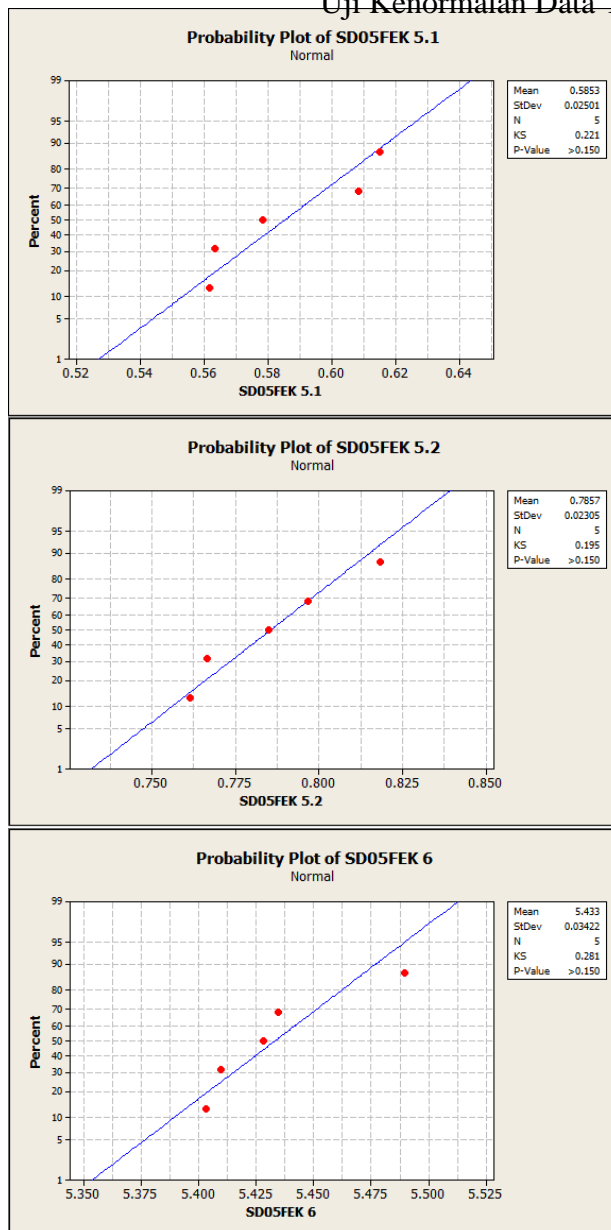


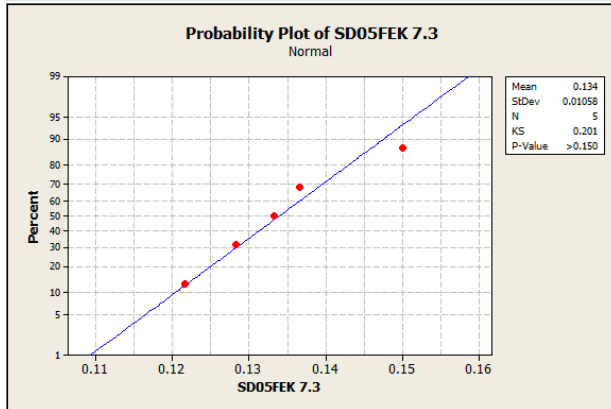
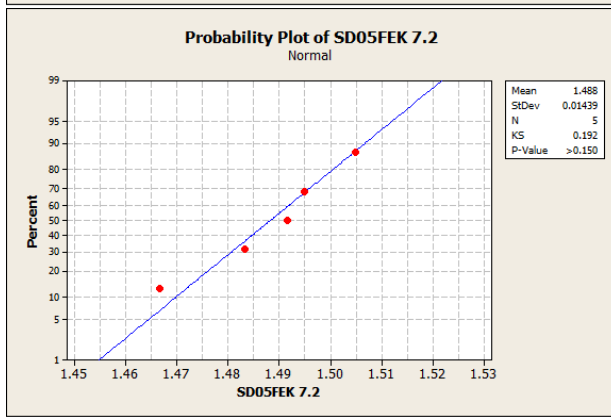
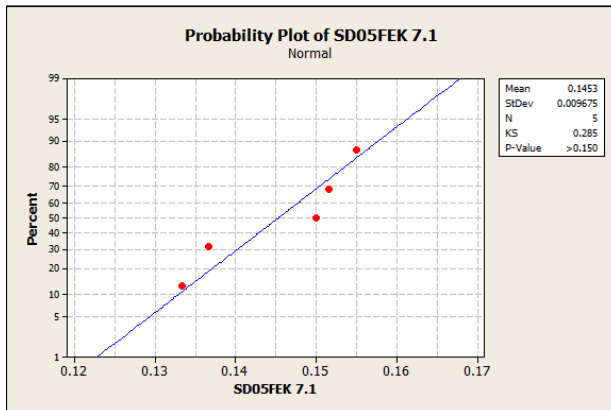
## Uji Kenormalan Data Tipe SD05FEK



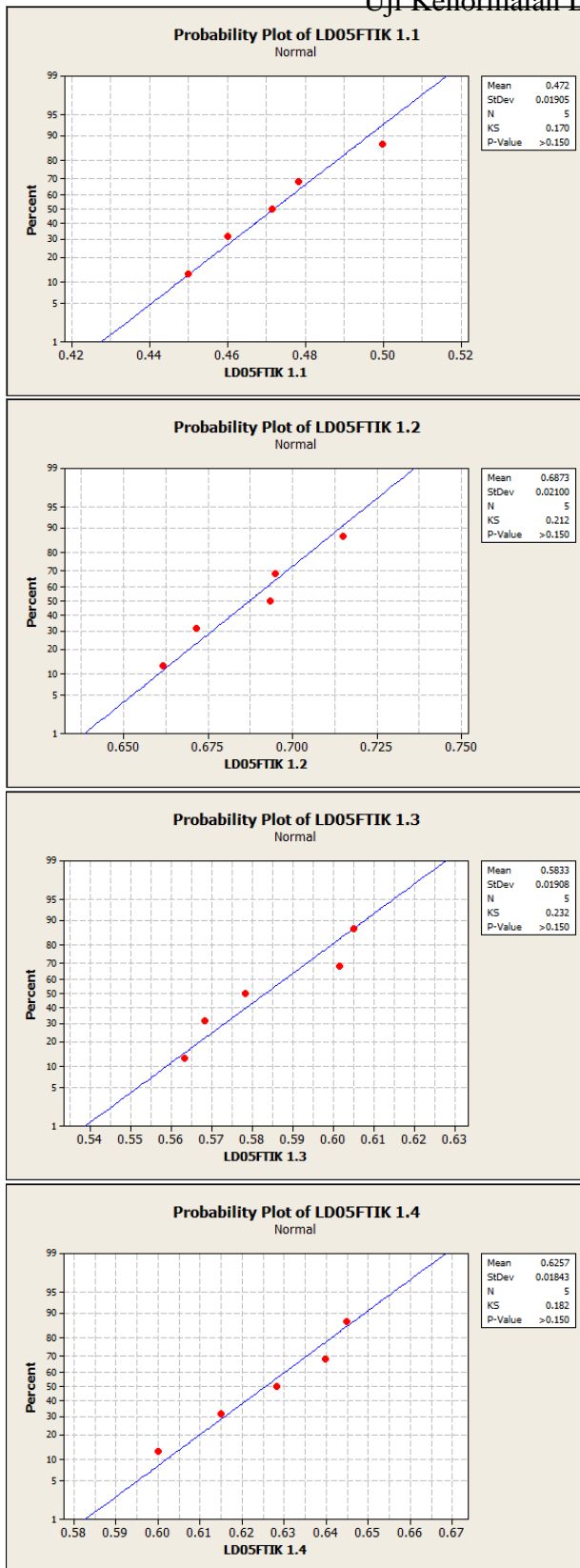


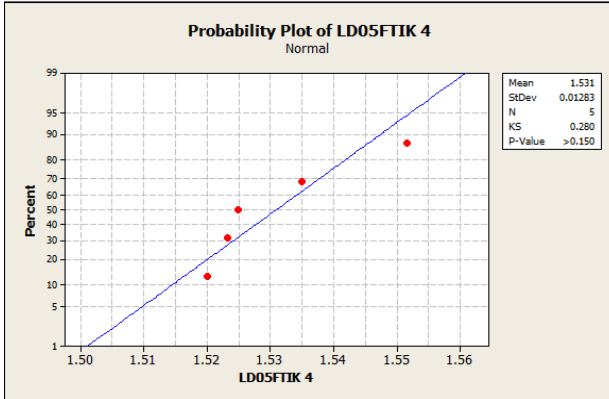
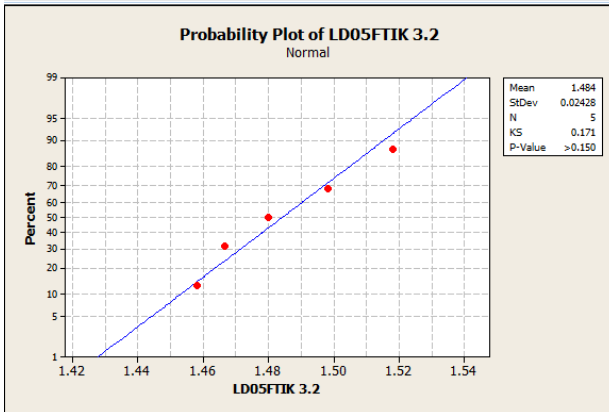
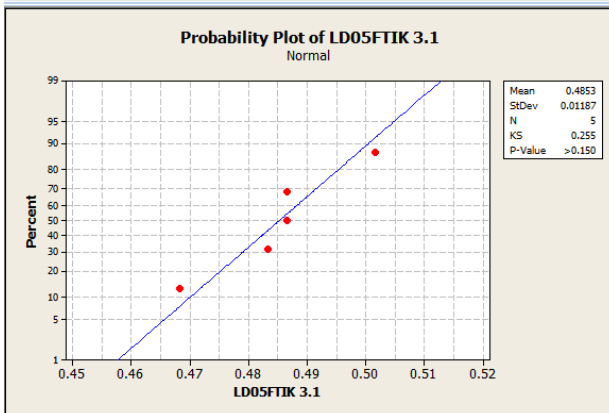
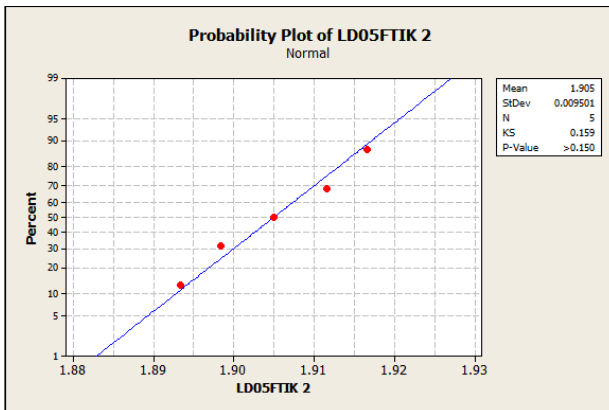
## Uji Kenormalan Data Tipe SD05FEK (Lanjutan)



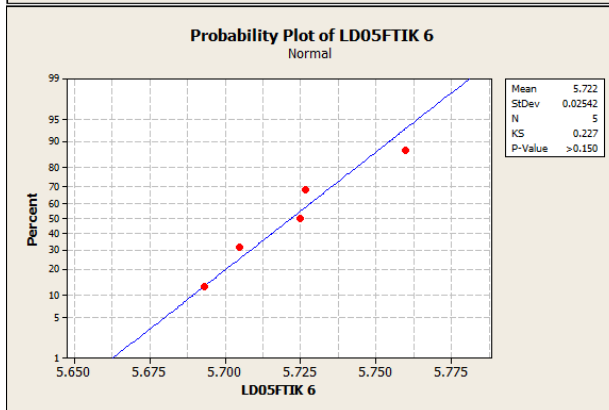
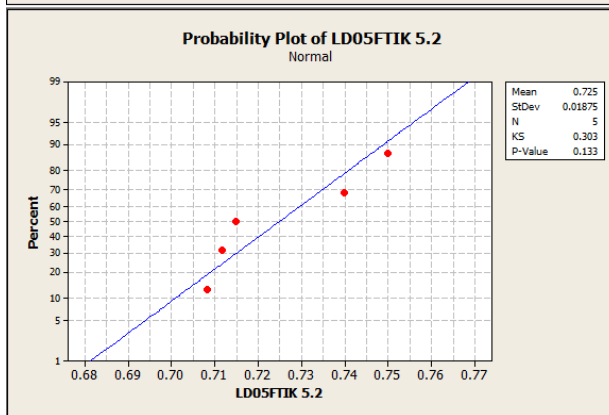
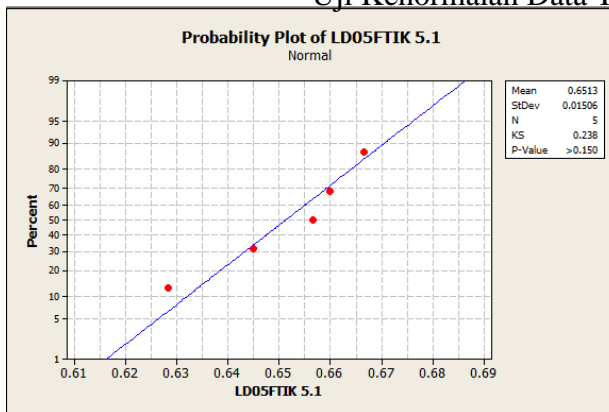


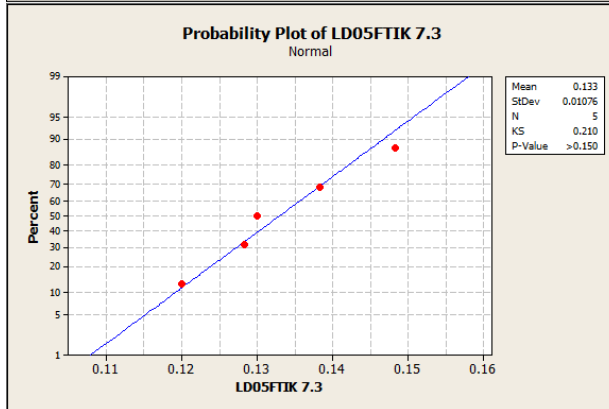
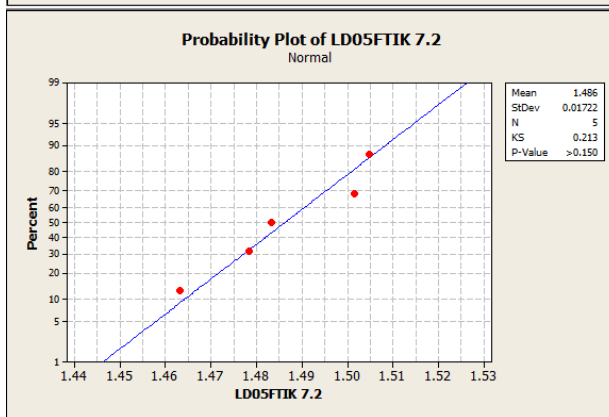
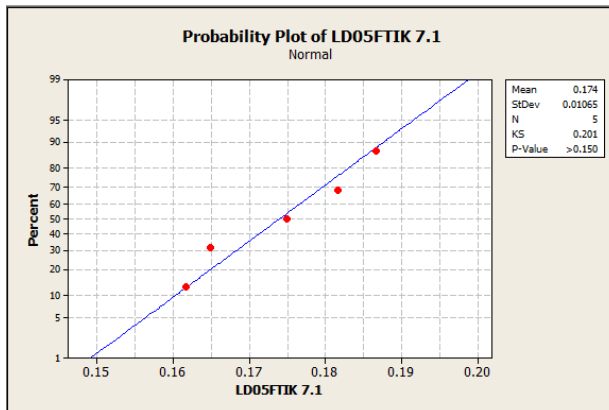
## Uji Kenormalan Data Tipe LD05FTIK



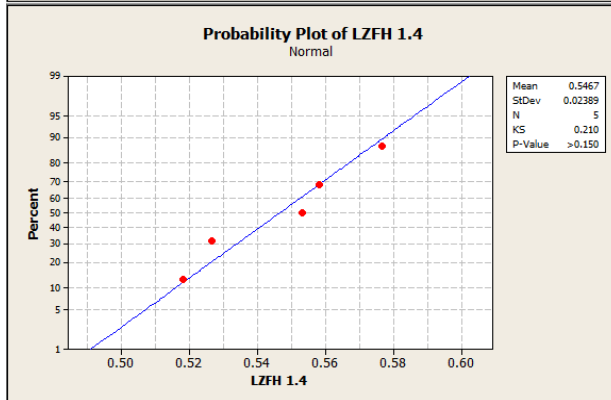
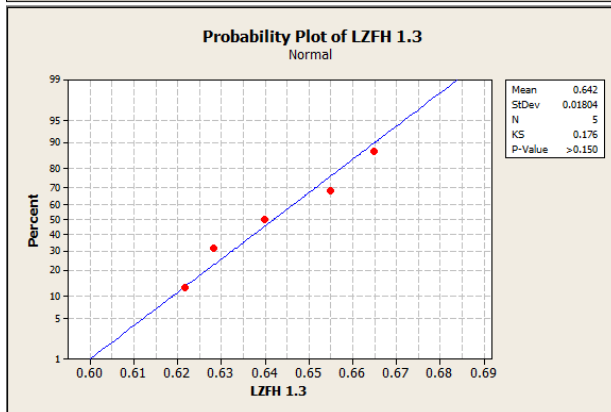
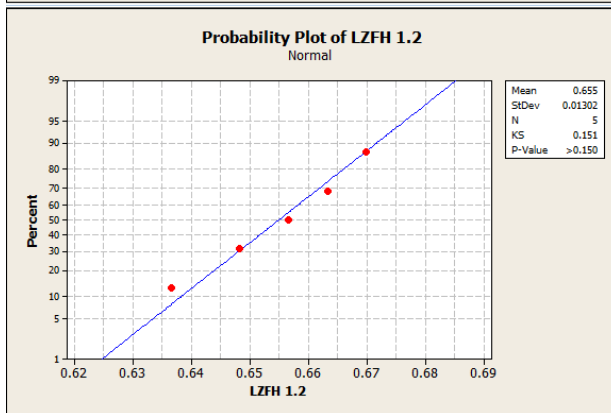
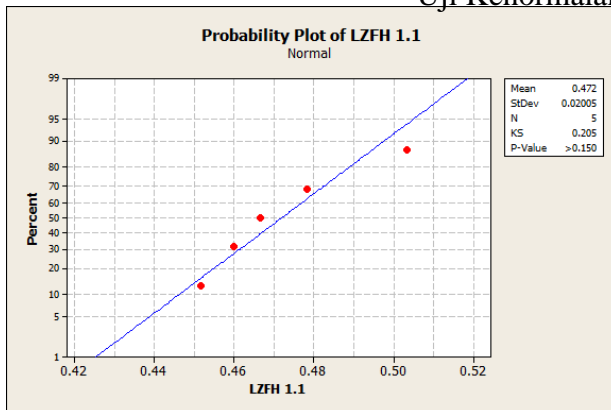


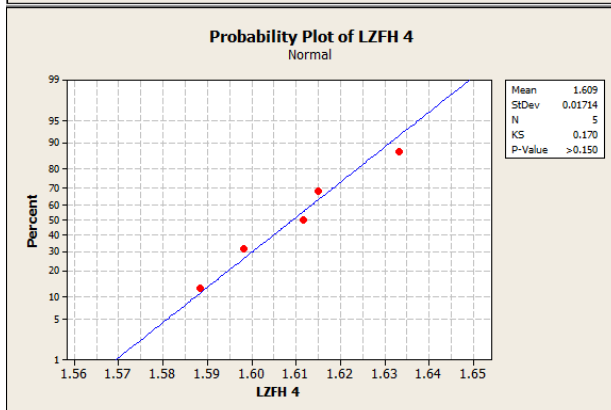
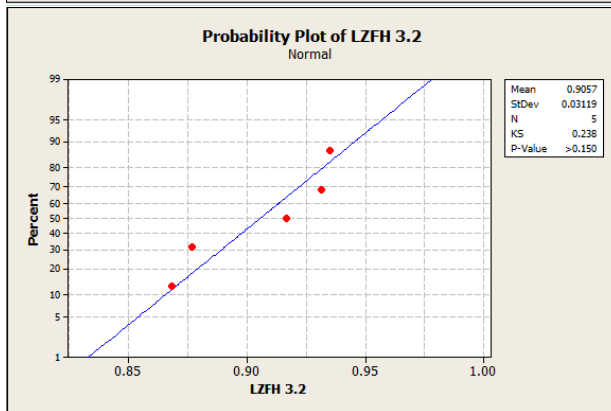
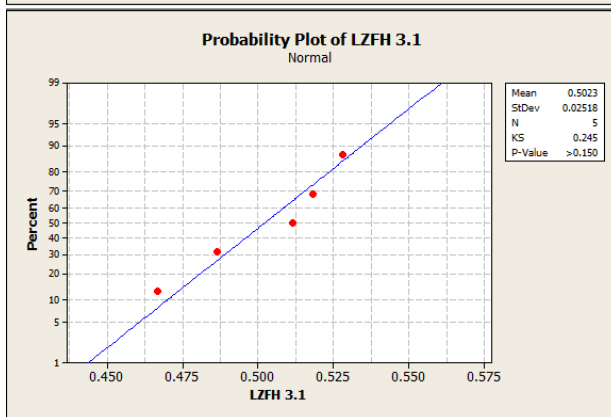
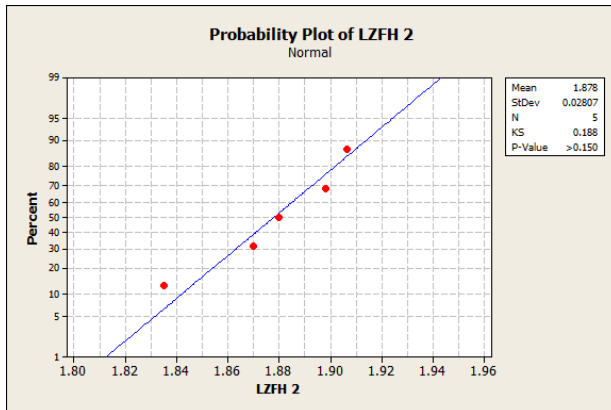
## Uji Kenormalan Data Tipe LD05FTIK (Lanjutan)



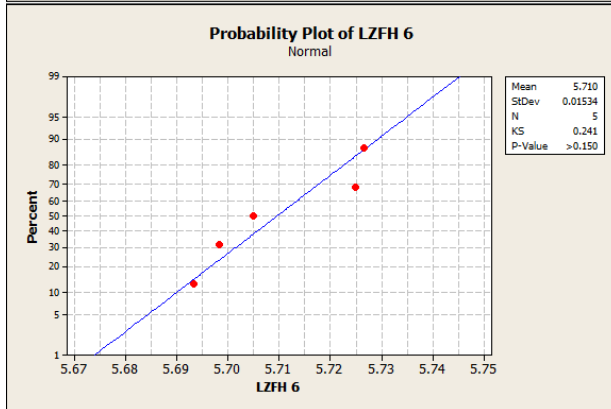
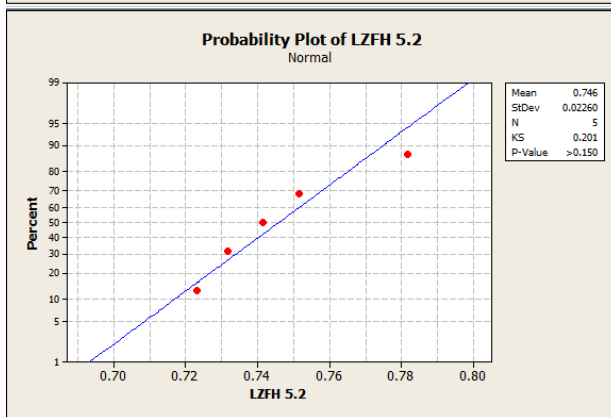
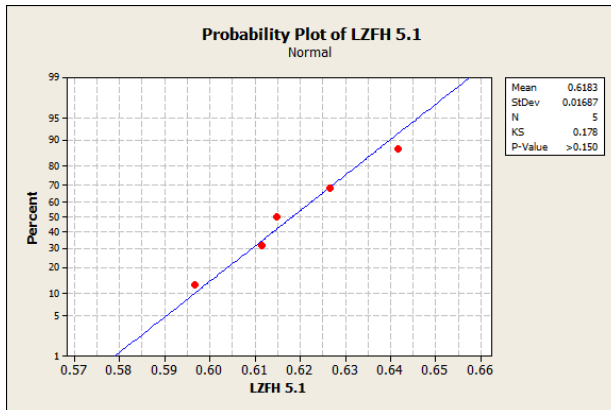


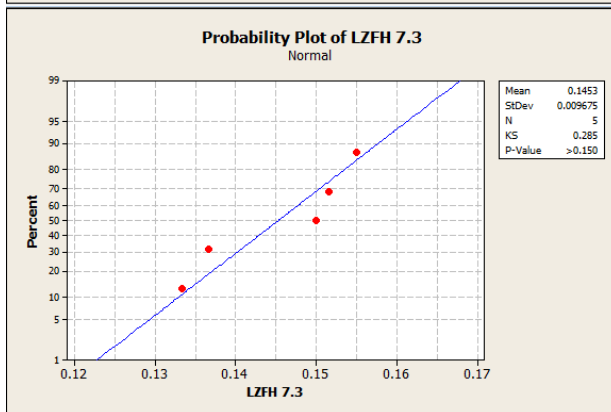
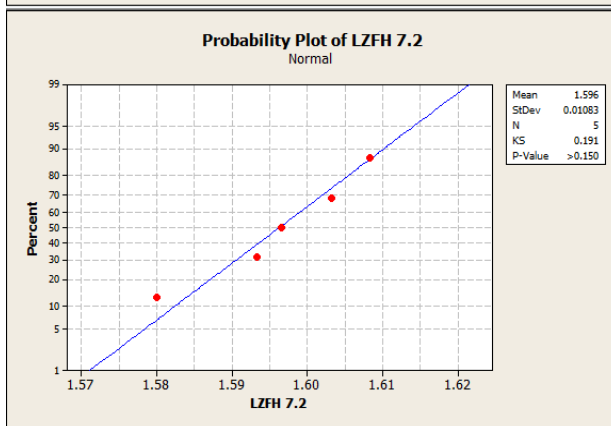
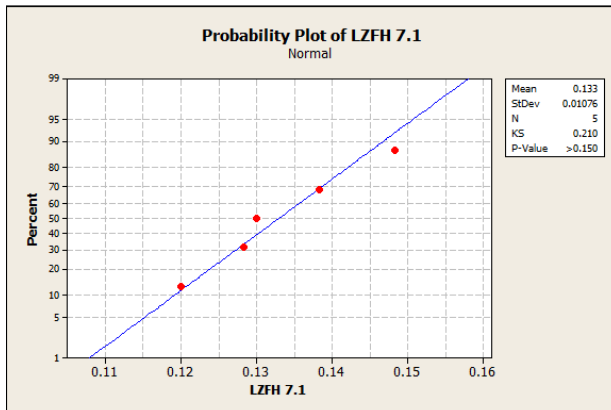
## Uji Kenormalan Data Tipe LZFH



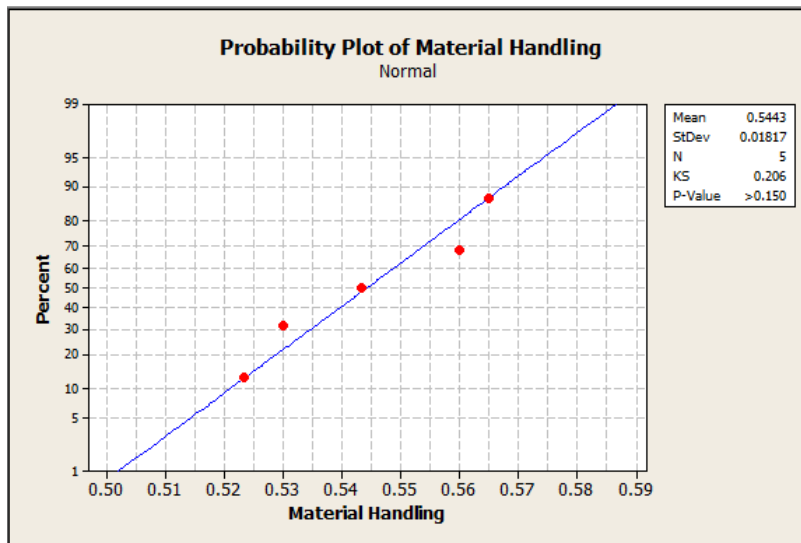


Uji Kenormalan Data Tipe LZFH (Lanjutan)

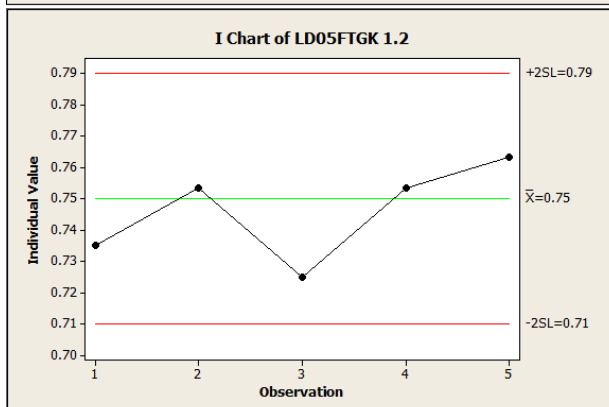
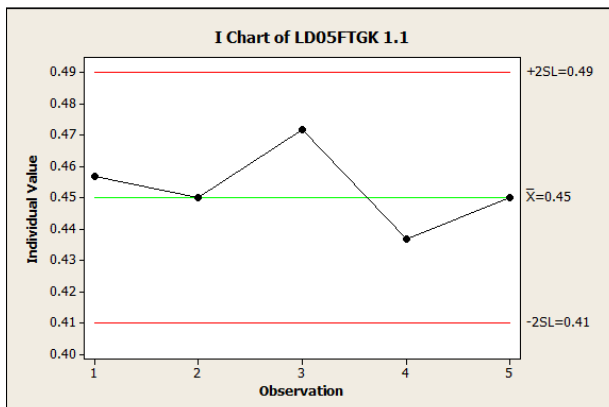


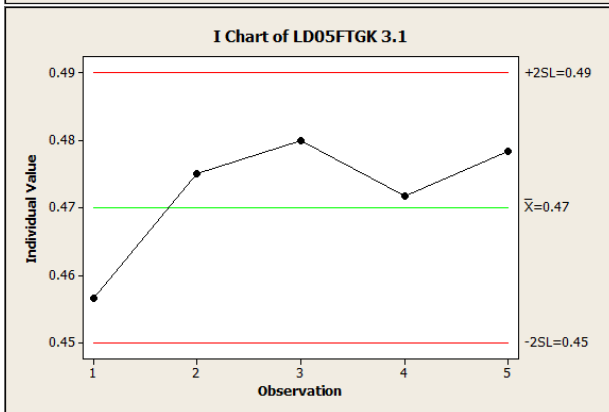
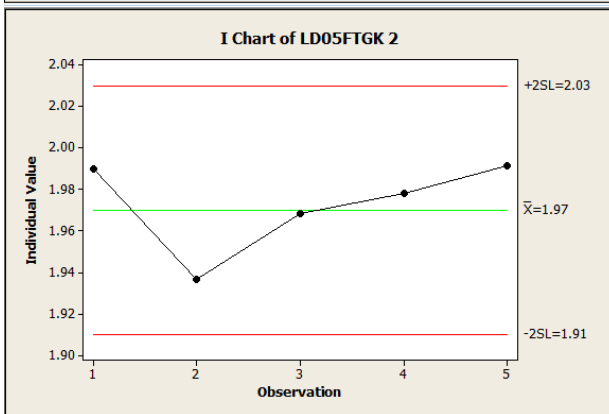
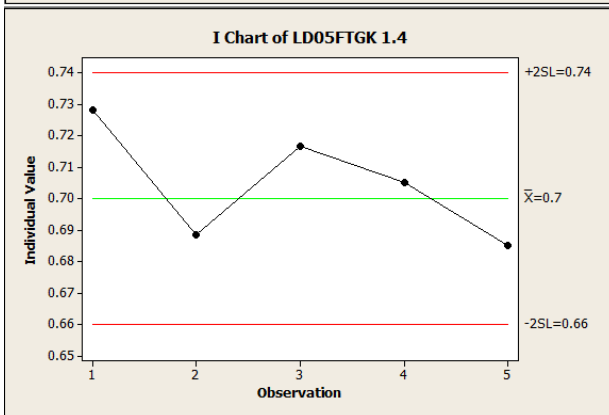
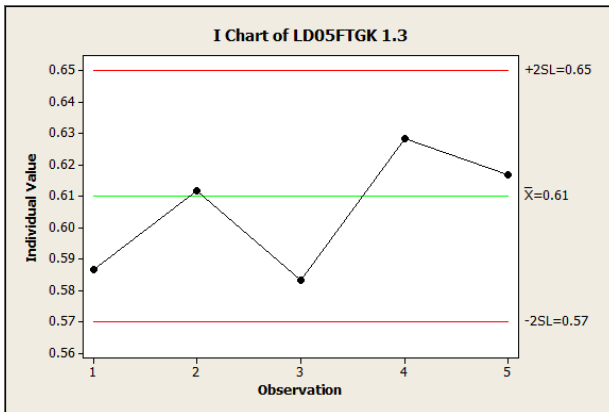


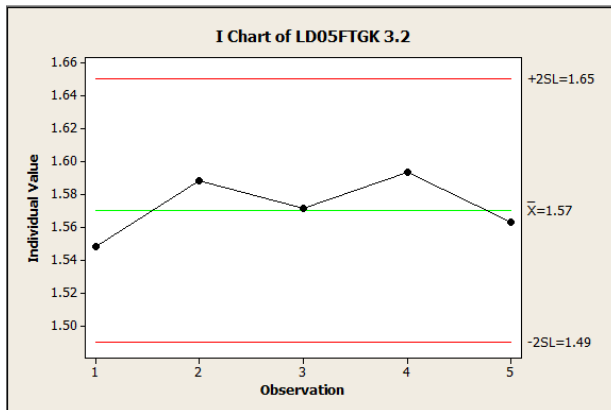
Material Handling dari SK 6 ke SK 7



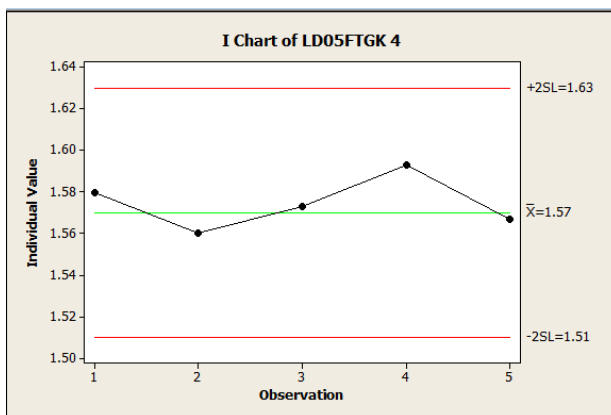
Uji Keseragaman Data Tipe LD05FTGK

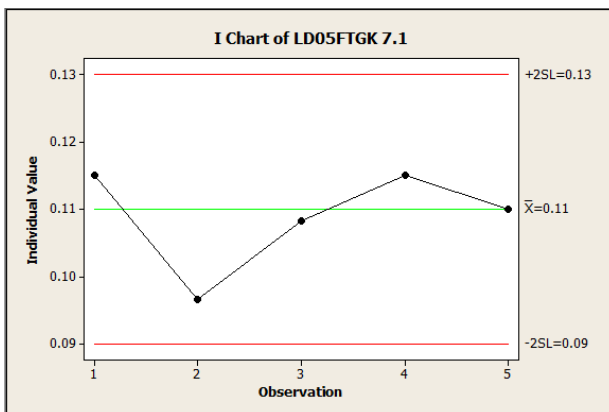
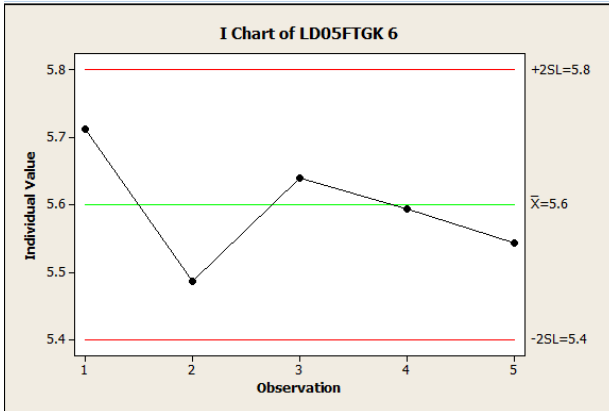
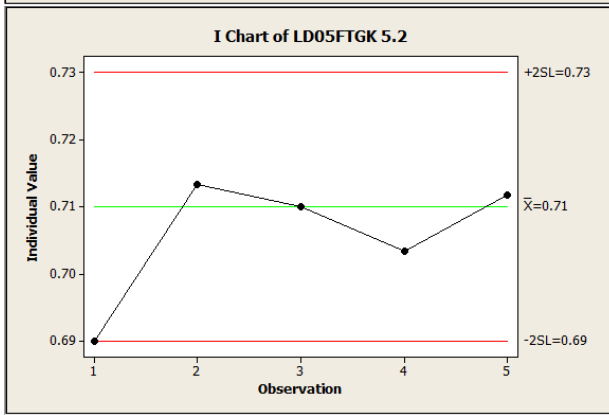
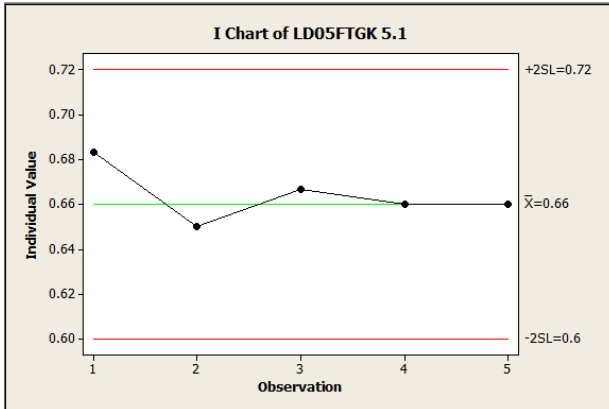


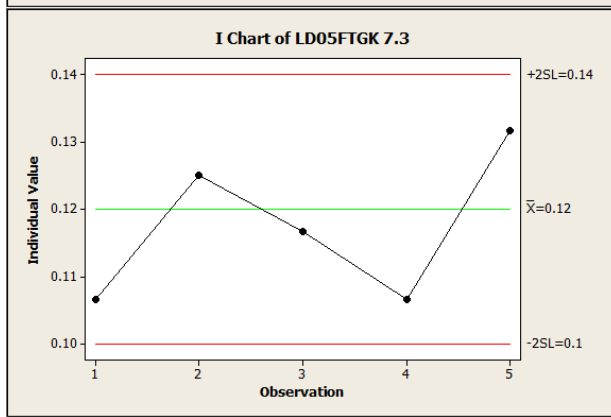
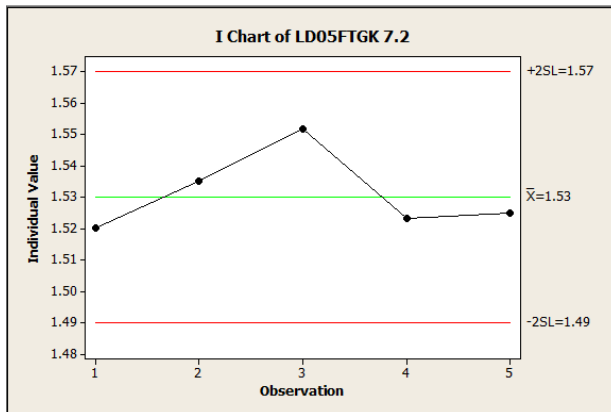




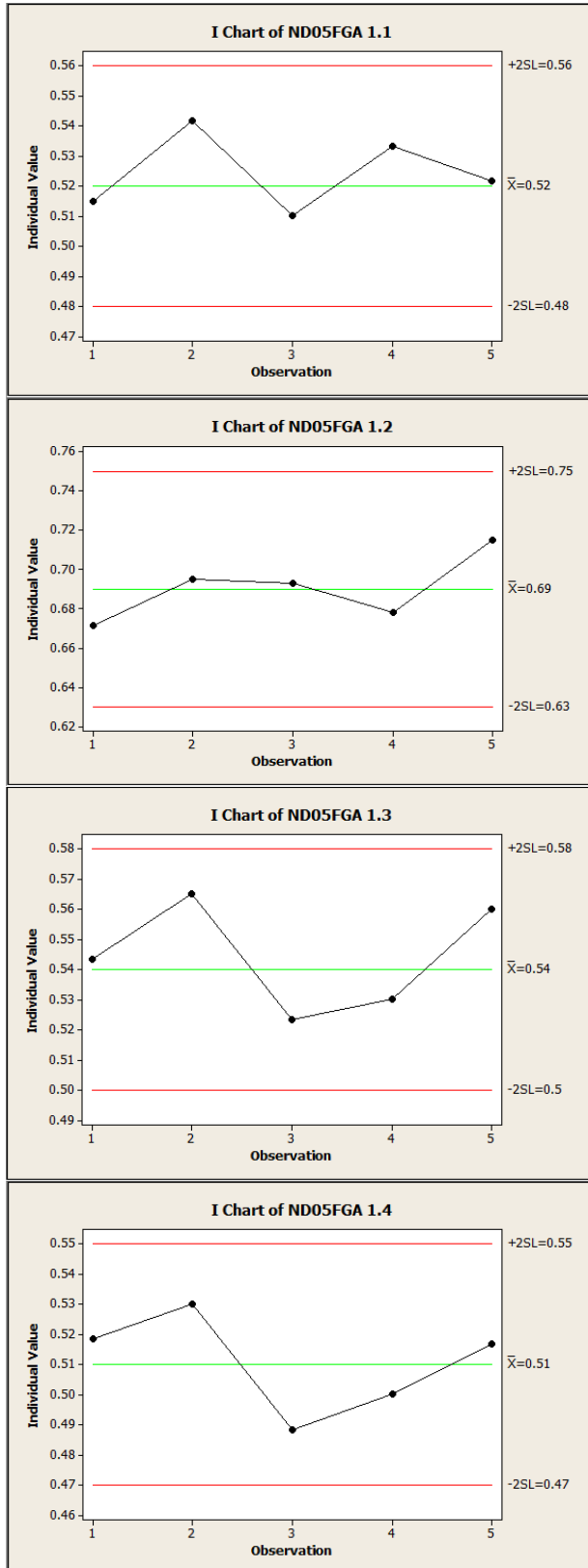
Uji Keseragaman Data Tipe LD05FTGK (Lanjutan)

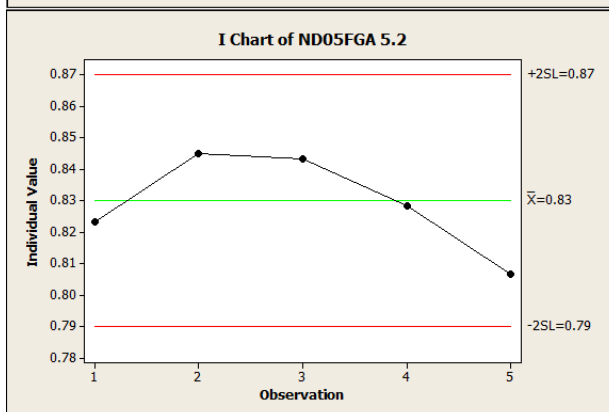
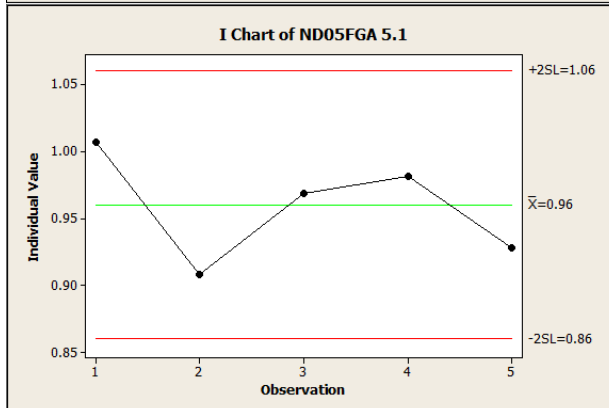
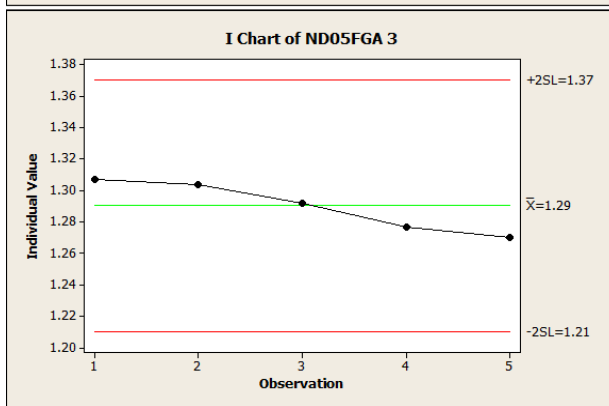
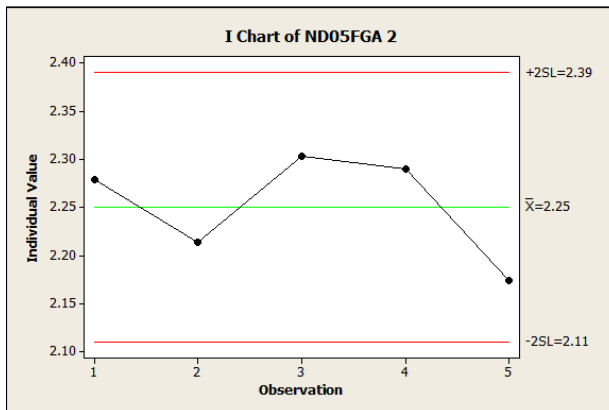




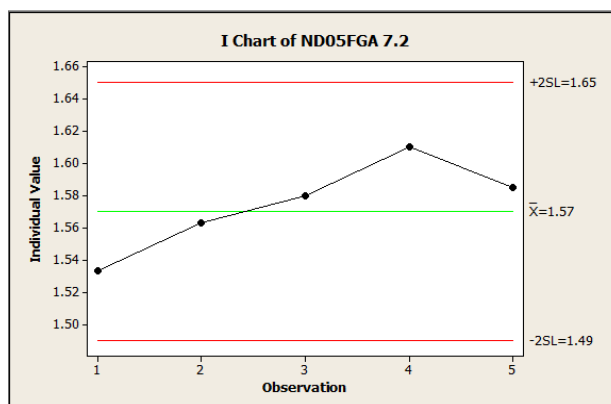
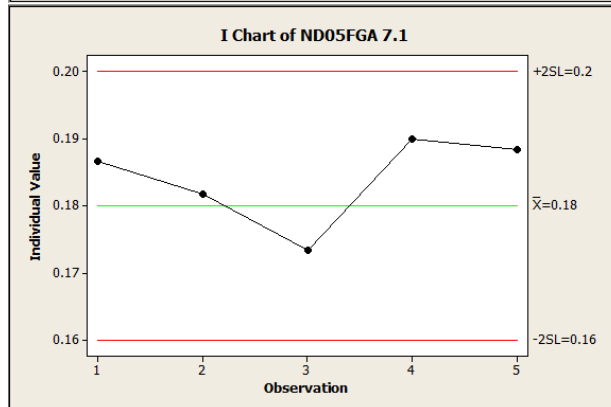
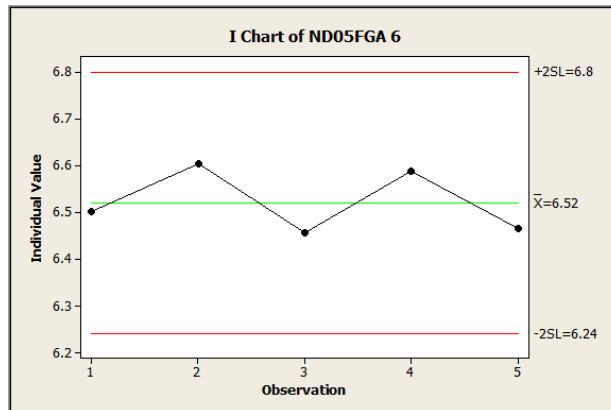


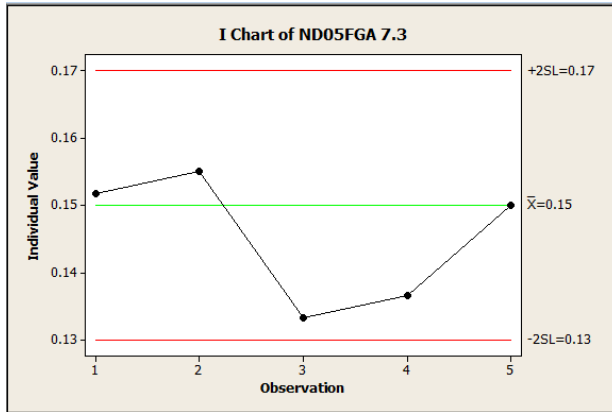
## Uji Keseragaman Data Tipe ND05FGA



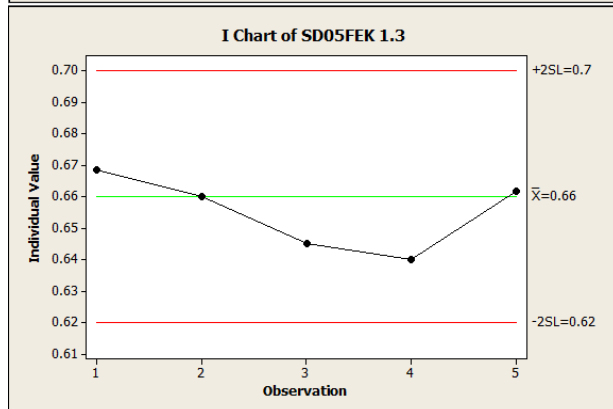
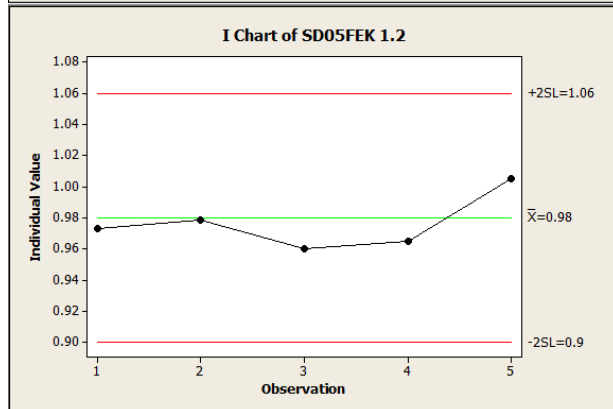
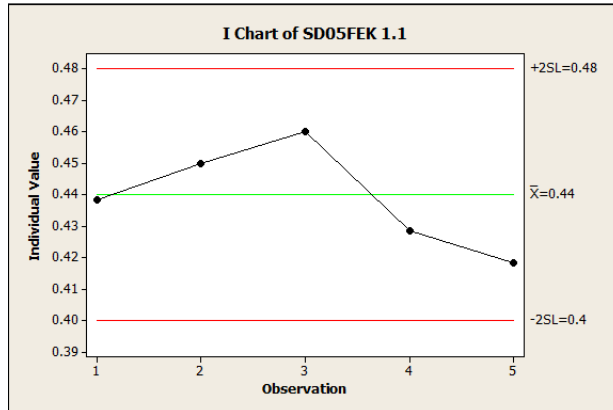


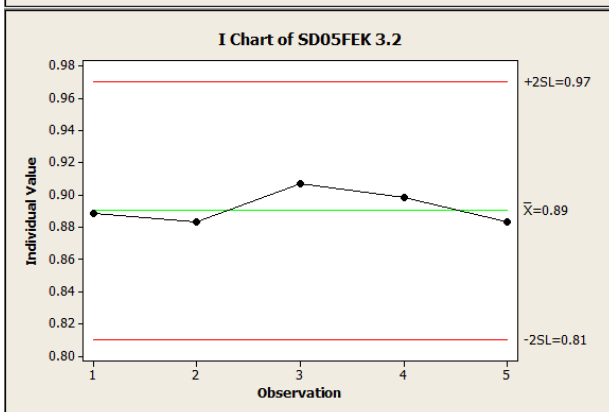
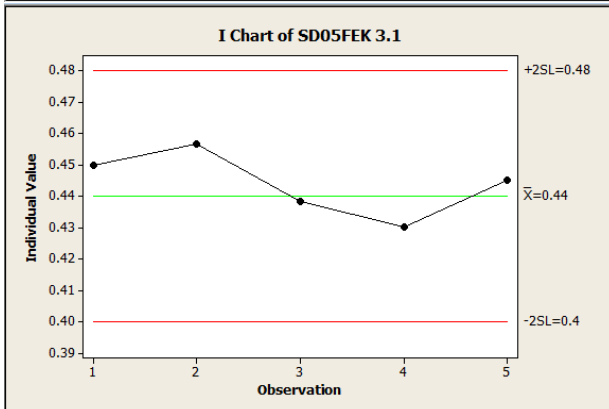
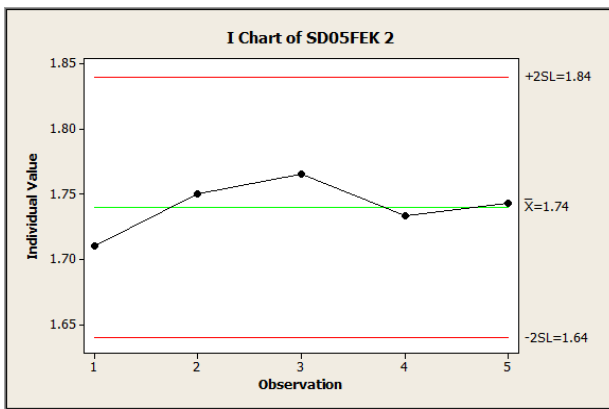
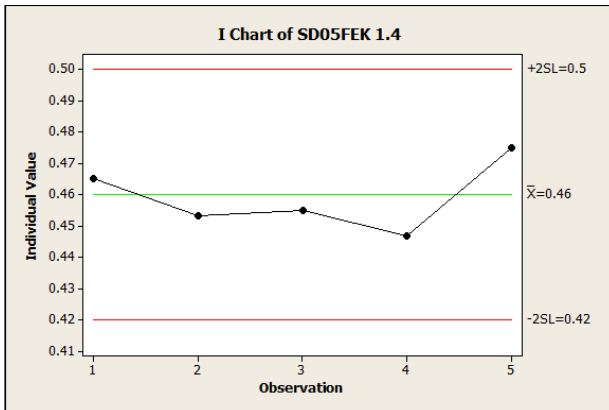
## Uji Keseragaman Data Tipe ND05FGA (Lanjutan)



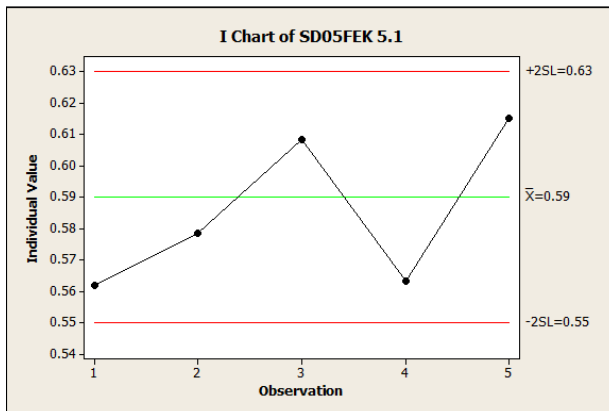
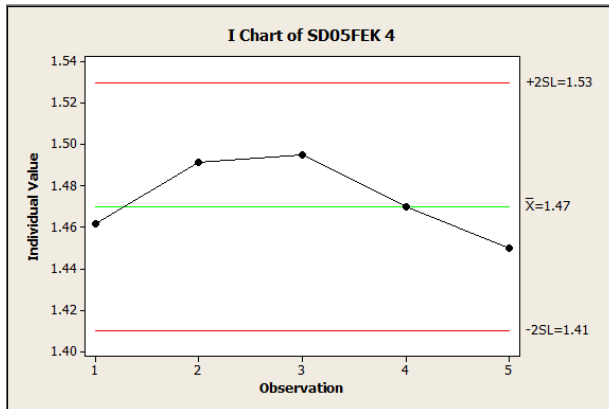


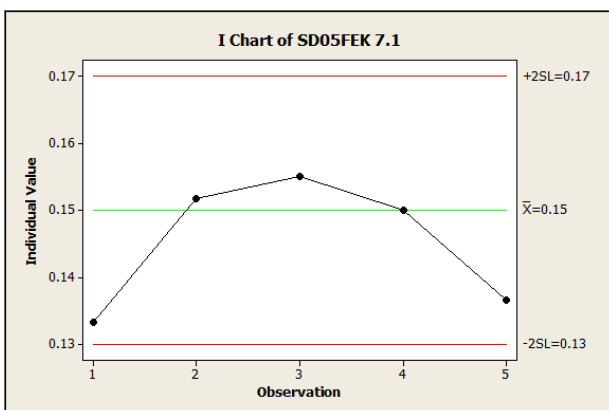
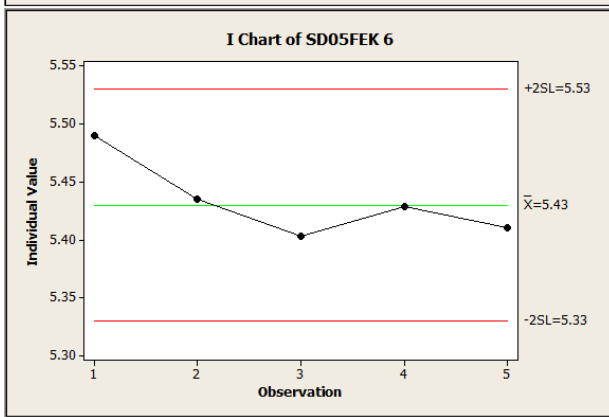
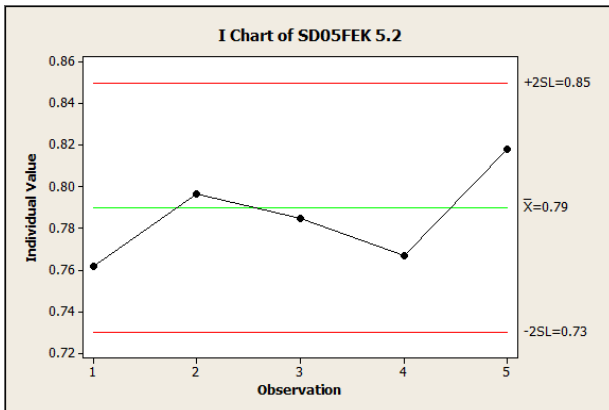
## Uji Keseragaman Data Tipe SD05FEK

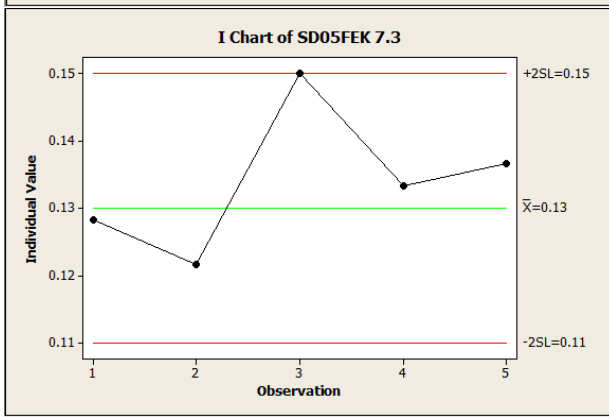
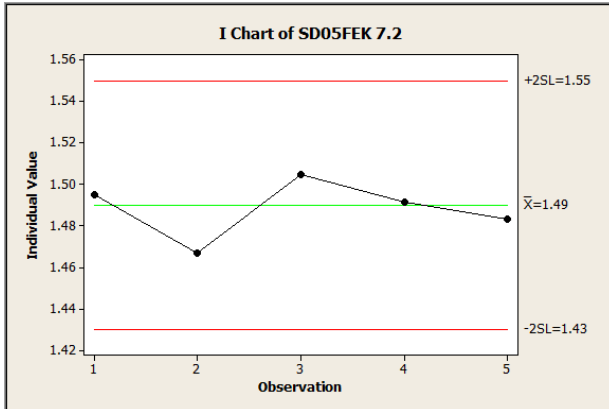




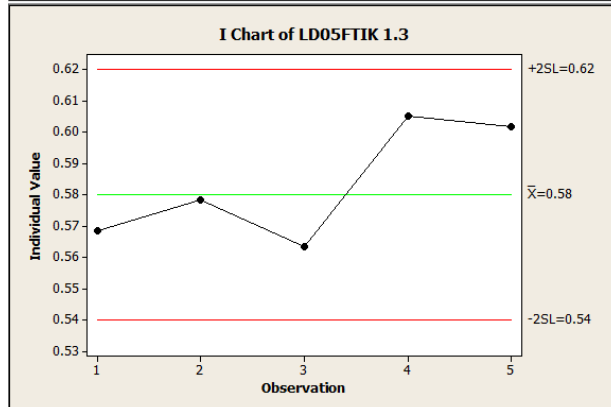
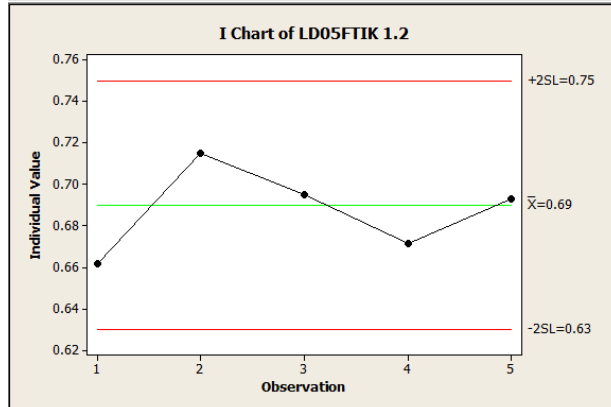
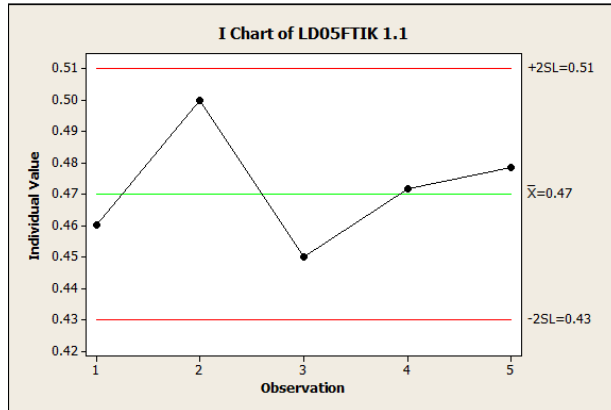
### Uji Keseragaman Data Tipe SD05FEK (Lanjutan)

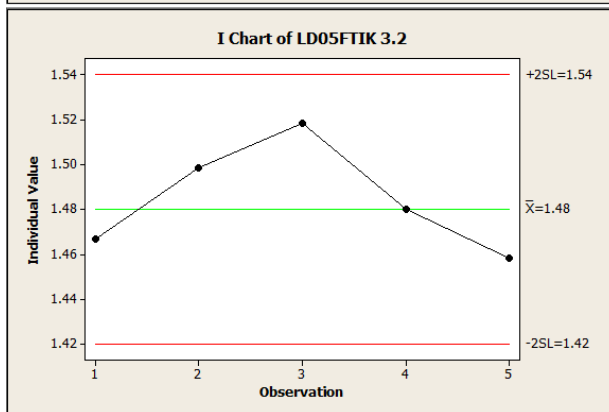
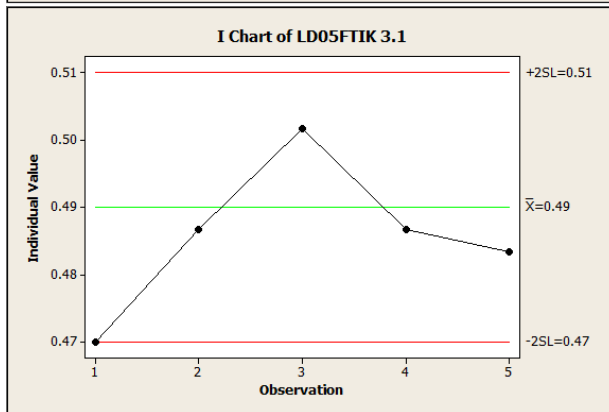
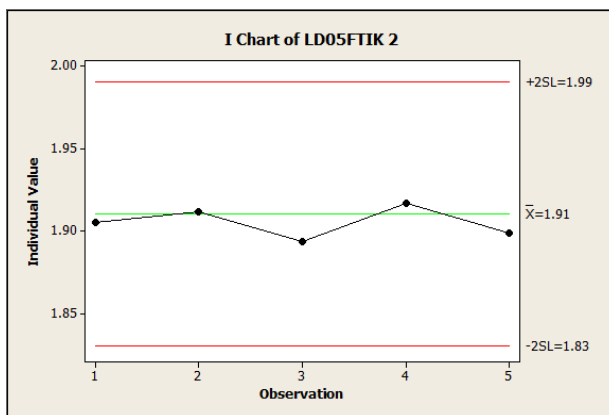
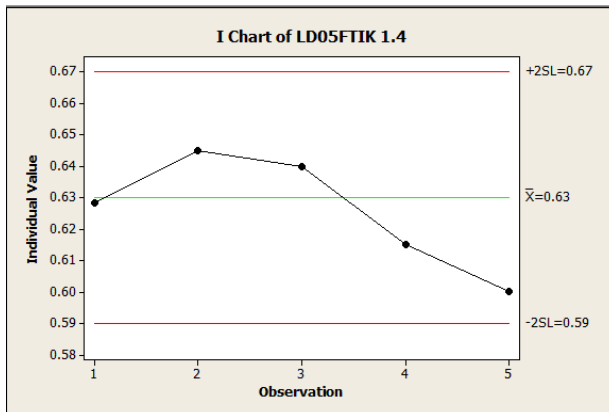




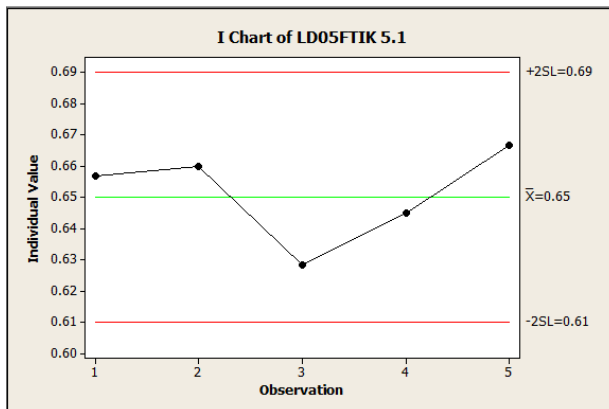
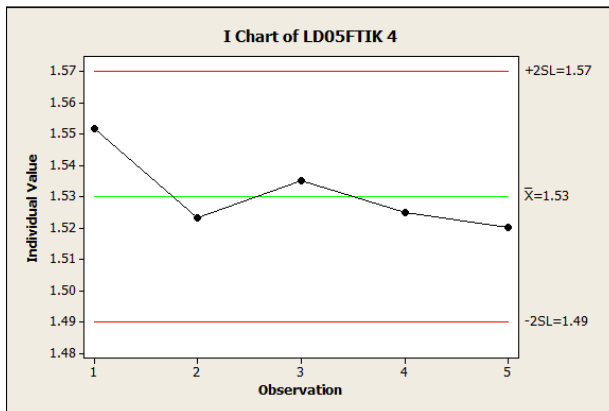


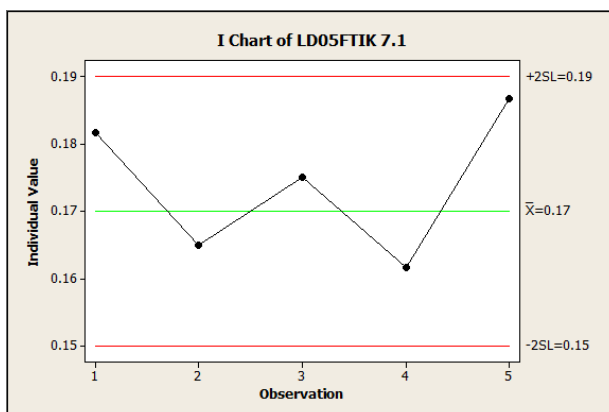
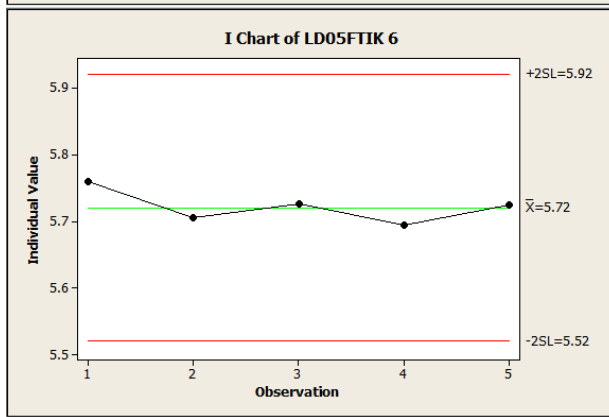
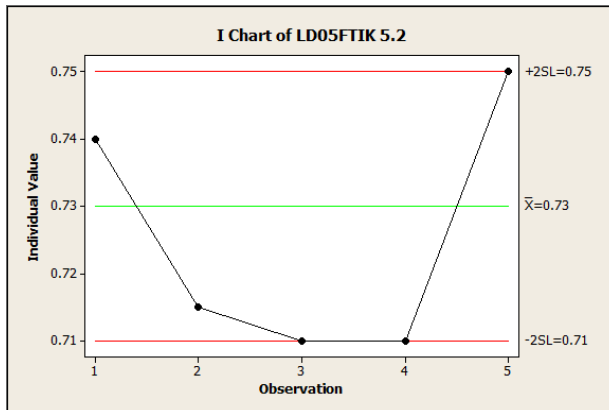
## Uji Keseragaman Data Tipe LD05FTIK

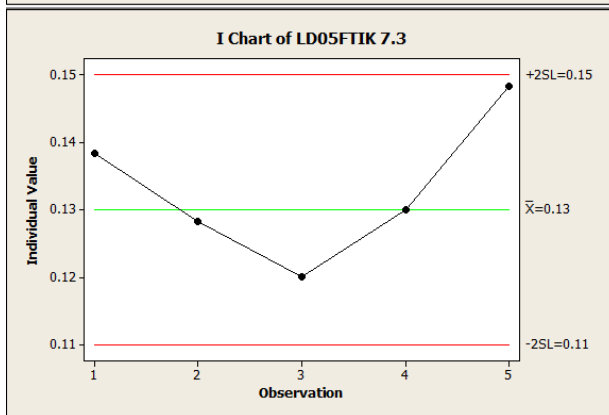
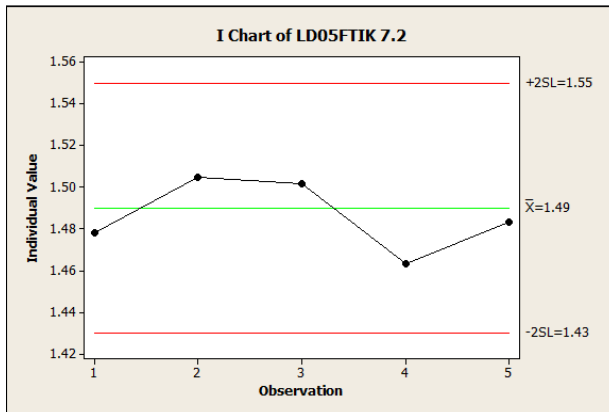




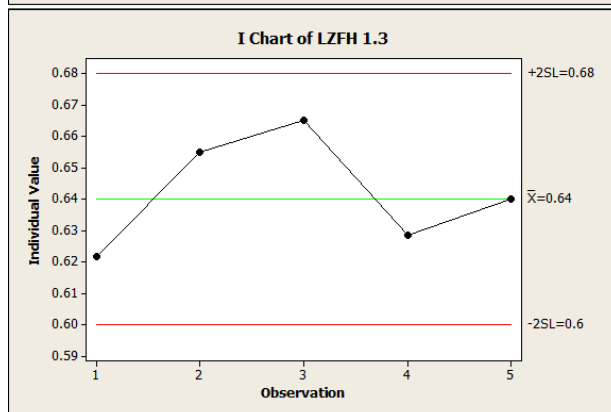
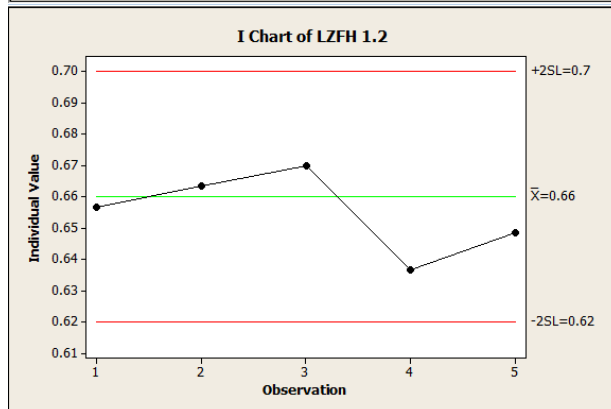
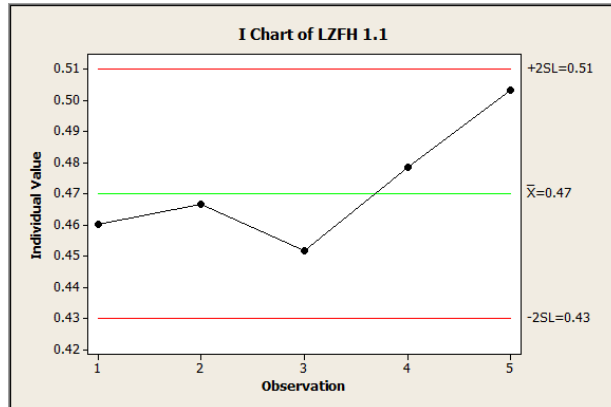
### Uji Keseragaman Data Tipe LD05FTIK (Lanjutan)

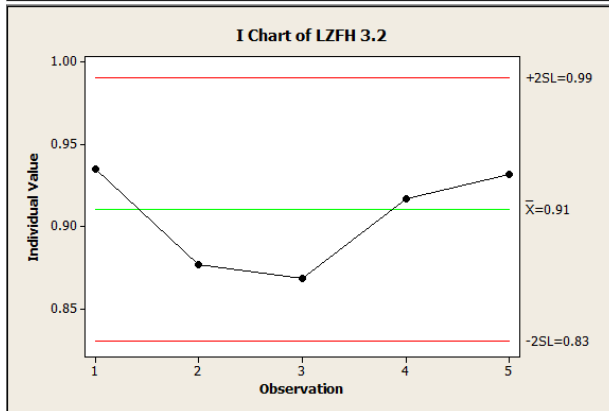
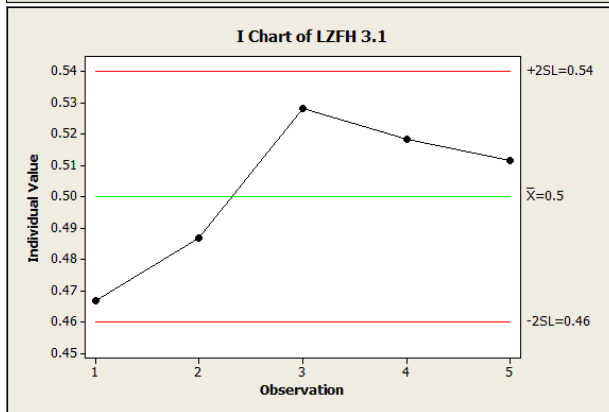
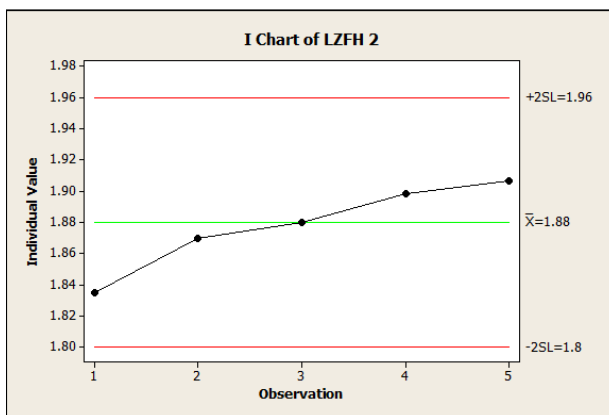
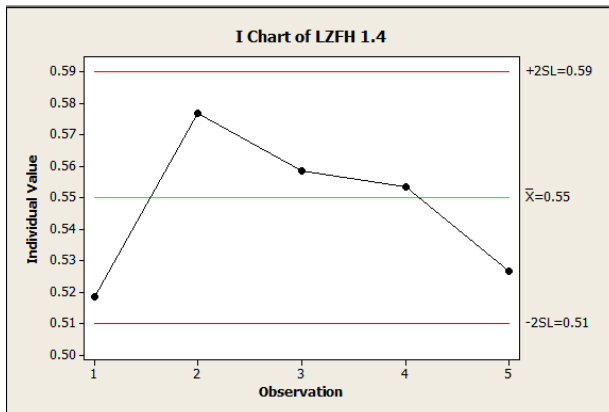




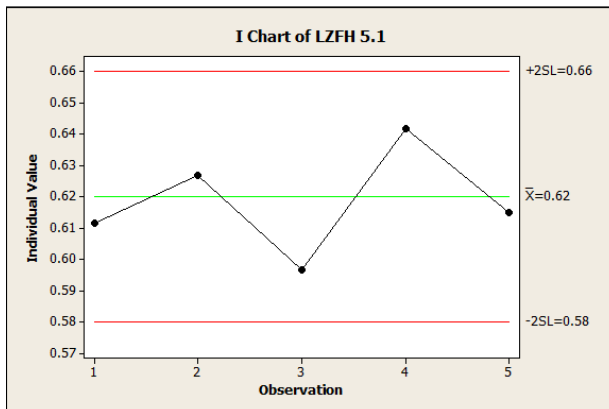
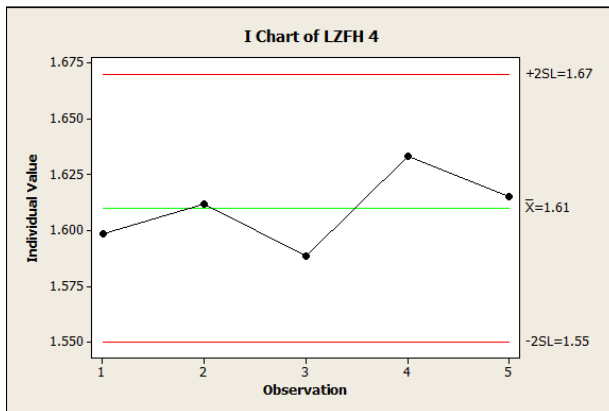


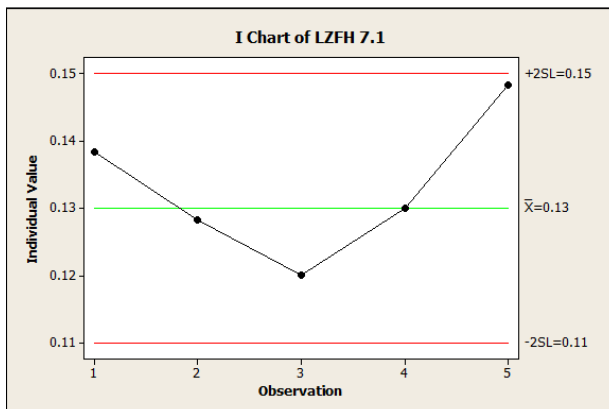
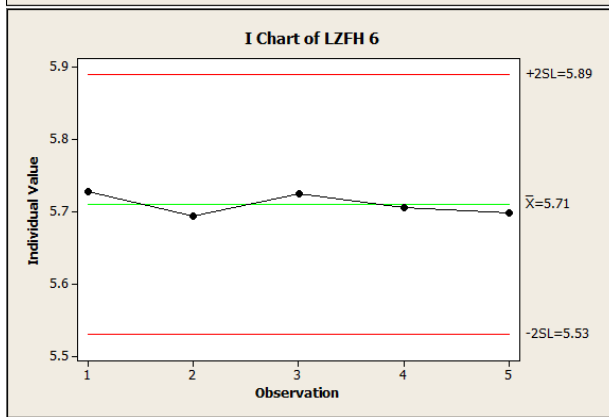
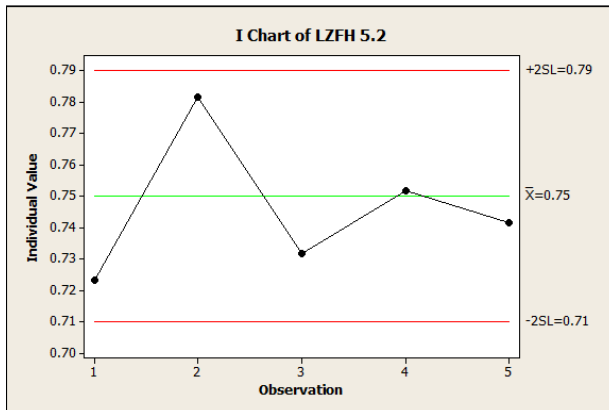
## Uji Keseragaman Data Tipe LZFH

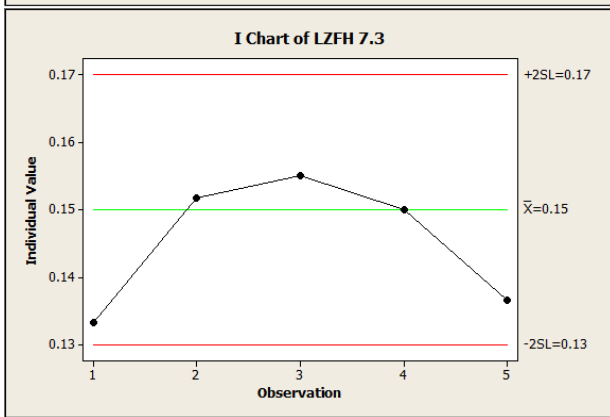
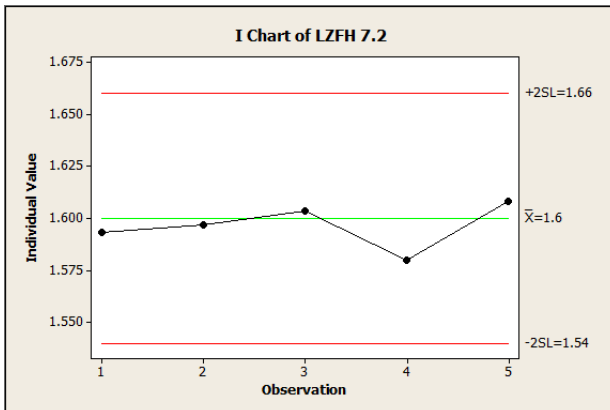




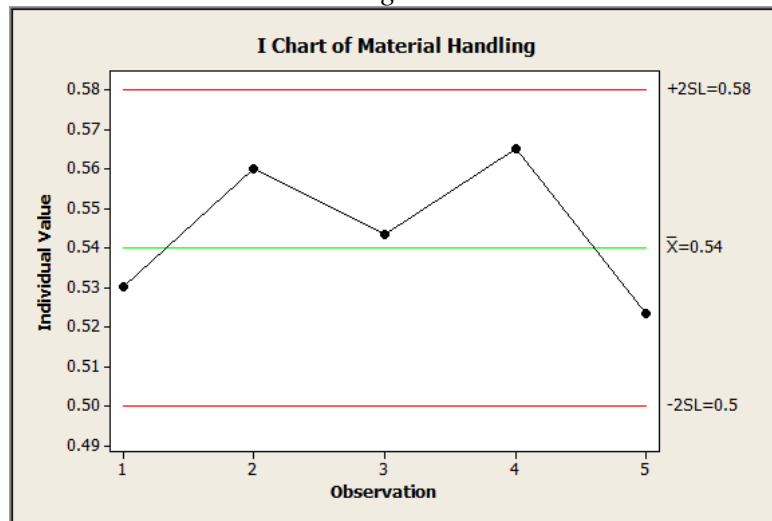
### Uji Keseragaman Data Tipe LZFH (Lanjutan)







*Material Handling dari SK 6 ke SK 7*



# LAMPIRAN C

## UJI STATISTIK DATA

1. UJI KECUKUPAN DATA
2. UJI KENORMALAN DATA

### 3. UJI KESERAGAMAN DATA

### Uji Kecukupan Data Tipe LD05FTGK

Tabel C.1 Hasil Uji Kecukupan Data SK 1 Tipe LD05FTGK

SK 1 - Perakitan <i>Terminal Body</i>								
No Elemen Kerja	1.1		1.2		1.3		1.4	
Sub Grup	x	$x^2$	x	$x^2$	x	$x^2$	x	$x^2$
1	0,46	0,21	0,74	0,54	0,59	0,34	0,73	0,53
2	0,45	0,20	0,75	0,57	0,61	0,37	0,69	0,47
3	0,47	0,22	0,73	0,53	0,58	0,34	0,72	0,51
4	0,44	0,19	0,75	0,57	0,63	0,39	0,71	0,50
5	0,45	0,20	0,76	0,58	0,62	0,38	0,69	0,47
$\Sigma$ (detik)	2,27	1,03	3,73	2,78	3,03	1,83	3,52	2,48
N	5		5		5		5	
N'	0,25		0,14		0,33		0,22	
	1		1		1		1	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.2 Hasil Uji Kecukupan Data SK 2 dan SK 3 Tipe LD05FTGK

SK 2 - Pengepresan 1			SK 3 - Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi				
No Elemen Kerja	2		No Elemen Kerja	3.1		3.2	
Sub Grup	x	$x^2$	Sub Grup	x	$x^2$	x	$x^2$
1	1,99	3,96	1	0,46	0,21	1,55	2,40
2	1,94	3,75	2	0,48	0,23	1,59	2,52
3	1,97	3,87	3	0,48	0,23	1,57	2,47
4	1,98	3,91	4	0,47	0,22	1,59	2,54
5	1,99	3,97	5	0,48	0,23	1,56	2,44
$\Sigma$ (detik)	9,87	19,47	$\Sigma$ (detik)	2,36	1,12	7,87	12,37
N	5		N	5		5	
N'	0,04		N'	0,12		0,04	
	1			1		1	
Keterangan	CUKUP		Keterangan	CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.3 Hasil Uji Kecukupan Data SK 4 dan SK 5 Tipe LD05FTGK

SK 4 - Pengepresan 2			SK 5 - Pengujian BG			
No Elemen Kerja	4		5.1		5.2	
Sub Grup	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$
1	1,58	2,50	0,68	0,47	0,69	0,47
2	1,56	2,43	0,65	0,42	0,71	0,51
3	1,57	2,48	0,67	0,44	0,71	0,50
4	1,59	2,54	0,66	0,44	0,70	0,49
5	1,57	2,45	0,66	0,44	0,71	0,51
$\Sigma$ (detik)	7,87	12,40	3,32	2,21	3,53	2,49
N	5		5		5	
N'	0,02		0,11		0,08	
	1		1		1	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.4 Hasil Uji Kecukupan Data SK 6 dan SK 7 Tipe LD05FTGK

SK 6 - Pemasangan Rubber			SK 7 - Pengemasan					
No Elemen Kerja	6		7.1		7.2		7.3	
Sub Grup	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$
1	5,71	32,62	0,12	0,01	1,52	2,31	0,11	0,01
2	5,49	30,10	0,10	0,01	1,54	2,36	0,13	0,02
3	5,64	31,81	0,11	0,01	1,55	2,41	0,12	0,01
4	5,59	31,29	0,12	0,01	1,52	2,32	0,11	0,01
5	5,54	30,73	0,11	0,01	1,53	2,33	0,13	0,02
$\Sigma$ (detik)	27,98	156,55	0,55	0,06	7,66	11,72	0,59	0,07
N	5		5		5		5	
N'	0,08		1,52		0,02		2,86	
	1		2		1		3	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### Uji Kecukupan Data Tipe ND05FGA

Tabel C.5 Hasil Uji Kecukupan Data SK 1 Tipe ND05FGA

SK 1 - Perakitan <i>Terminal Body</i>								
No Elemen Kerja	1.1		1.2		1.3		1.4	
Sub Grup	x	$x^2$	x	$x^2$	x	$x^2$	x	$x^2$
1	0,52	0,27	0,67	0,45	0,54	0,30	0,52	0,27
2	0,54	0,29	0,7	0,48	0,57	0,32	0,53	0,28
3	0,51	0,26	0,69	0,48	0,52	0,27	0,49	0,24
4	0,53	0,28	0,68	0,46	0,53	0,28	0,5	0,25
5	0,52	0,27	0,72	0,51	0,56	0,31	0,52	0,27
$\Sigma$ (detik)	2,62	1,38	3,45	2,39	2,72	1,48	2,55	1,30
N	5		5		5		5	
N'	0,20		0,19		0,36		0,33	
	1		1		1		1	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.6 Hasil Uji Kecukupan Data SK 2 dan SK 3 Tipe ND05FGA

SK 2 - Pengepresan 1			SK 3 - Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi		
No Elemen Kerja	2		No Elemen Kerja	3.1	
Sub Grup	x	$x^2$	Sub Grup	x	$x^2$
1	2,28	5,19	1	1,31	1,71
2	2,21	4,90	2	1,3	1,70
3	2,3	5,31	3	1,29	1,67
4	2,29	5,24	4	1,28	1,63
5	2,17	4,72	5	1,27	1,61
$\Sigma$ (detik)	11,26	25,36	$\Sigma$ (detik)	6,45	8,32
N	5		N	5	
N'	0,20		N'	0,05	
	1			1	
Keterangan	CUKUP		Keterangan	CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.7 Hasil Uji Kecukupan Data SK 5 dan SK 6 Tipe ND05FGA

SK 5 - Pengujian BG					SK 6 - Pemasangan Rubber		
No Elemen Kerja	5.1		5.2		No Elemen Kerja	6	
Sub Grup	x	$x^2$	x	$x^2$	Sub Grup	x	$x^2$
1	1,01	1,01	0,82	0,68	1	6,50	42,27
2	0,91	0,83	0,85	0,71	2	6,60	43,60
3	0,97	0,94	0,84	0,71	3	6,46	41,69
4	0,98	0,96	0,83	0,69	4	6,59	43,41
5	0,93	0,86	0,81	0,65	5	6,47	41,80
$\Sigma$ (detik)	4,79	4,60	4,15	3,44	$\Sigma$ (detik)	32,62	212,77
N	5		5		N	5	
N'	0,56		0,12		N'	0,04	
	1		1			1	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		Keterangan	CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.8 Hasil Uji Kecukupan Data SK 7 Tipe ND05FGA

SK 7 - Pengemasan						
No Elemen Kerja	7.1		7.2		7.3	
Sub Grup	x	$x^2$	x	$x^2$	x	$x^2$
1	0,19	0,03	1,53	2,35	0,15	0,02
2	0,18	0,03	1,56	2,44	0,16	0,02
3	0,17	0,03	1,58	2,50	0,13	0,02
4	0,19	0,04	1,61	2,59	0,14	0,02
5	0,19	0,04	1,59	2,51	0,15	0,02
$\Sigma$ (detik)	0,92	0,17	7,87	12,40	0,73	0,11
N	5		5		5	
N'	0,43		0,10		1,42	
	1		1		2	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### Uji Kecukupan Data Tipe SD05FEK

Tabel C.9 Hasil Uji Kecukupan Data SK 1 Tipe SD05FEK

SK 1 - Perakitan <i>Terminal Body</i>								
No Elemen Kerja	1.1		1.2		1.3		1.4	
Sub Grup	x	$x^2$	x	$x^2$	x	$x^2$	x	$x^2$
1	0,44	0,19	0,97	0,95	0,67	0,45	0,47	0,22
2	0,45	0,20	0,98	0,96	0,66	0,44	0,45	0,21
3	0,46	0,21	0,96	0,92	0,65	0,42	0,46	0,21
4	0,43	0,18	0,97	0,93	0,64	0,41	0,45	0,20
5	0,42	0,18	1,01	1,01	0,66	0,44	0,48	0,23
$\Sigma$ (detik)	2,20	0,96	4,88	4,77	3,28	2,15	2,30	1,05
N	5		5		5		5	
N'	0,46		0,10		0,11		0,19	
	1		1		1		1	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.10 Hasil Uji Kecukupan Data SK 2 dan SK 3 Tipe SD05FEK

SK 2 - Pengepresan 1			SK 3 - Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi				
No Elemen Kerja	2		No Elemen Kerja	3.1		3.2	
Sub Grup	x	$x^2$	Sub Grup	x	$x^2$	x	$x^2$
1	1,71	2,92	1	0,45	0,20	0,89	0,79
2	1,75	3,06	2	0,46	0,21	0,88	0,78
3	1,77	3,12	3	0,44	0,19	0,91	0,82
4	1,73	3,00	4	0,43	0,18	0,90	0,81
5	1,74	3,04	5	0,45	0,20	0,88	0,78
$\Sigma$ (detik)	8,70	15,15	$\Sigma$ (detik)	2,22	0,99	4,46	3,98
N	5		N	5		5	
N'	0,04		N'	0,17		0,04	
	1			1		1	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.11 Hasil Uji Kecukupan Data SK 4 dan SK 5 Tipe SD05FEK

SK 4 - Pengepresan 2			SK 5 - Pengujian BG			
No Elemen Kerja	4		5.1		5.2	
Sub Grup	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$
1	1,46	2,14	0,56	0,32	0,76	0,58
2	1,49	2,23	0,58	0,33	0,80	0,63
3	1,50	2,24	0,61	0,37	0,79	0,62
4	1,47	2,16	0,56	0,32	0,77	0,59
5	1,45	2,10	0,62	0,38	0,82	0,67
$\Sigma$ (detik)	7,37	10,86	2,93	1,72	3,93	3,09
N	5		5		5	
N'	0,06		0,58		0,28	
	1		1		1	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.12 Hasil Uji Kecukupan Data SK 6 dan SK 7 Tipe SD05FEK

SK 6 - Pemasangan <i>Rubber</i>			SK 7 - Pengemasan					
No Elemen Kerja	6		7.1		7.2		7.3	
Sub Grup	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$
1	5,49	30,14	0,13	0,02	1,50	2,24	0,13	0,02
2	5,44	29,54	0,15	0,02	1,47	2,15	0,12	0,01
3	5,40	29,20	0,16	0,02	1,51	2,27	0,15	0,02
4	5,43	29,47	0,15	0,02	1,49	2,23	0,13	0,02
5	5,41	29,27	0,14	0,02	1,48	2,20	0,14	0,02
$\Sigma$ (detik)	27,17	147,61	0,73	0,11	7,44	11,08	0,67	0,09
N	5		5		5		5	
N'	0,01		1,42		0,03		2,00	
	1		2		1		2	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### Uji Kecukupan Data Tipe LD05FTIK

Tabel C.13 Hasil Uji Kecukupan Data SK 1 Tipe LD05FTIK

SK 1 - Perakitan <i>Terminal Body</i>								
No Elemen Kerja	1.1		1.2		1.3		1.4	
Sub Grup	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$
1	0,46	0,21	0,66	0,44	0,57	0,32	0,63	0,39
2	0,50	0,25	0,72	0,51	0,58	0,33	0,65	0,42
3	0,45	0,20	0,7	0,48	0,56	0,32	0,64	0,41
4	0,47	0,22	0,67	0,45	0,61	0,37	0,62	0,38
5	0,48	0,23	0,69	0,48	0,6	0,36	0,6	0,36
$\Sigma$ (detik)	2,36	1,12	3,44	2,36	2,92	1,70	3,13	1,96
N	5		5		5		5	
N'	0,52		0,30		0,34		0,28	
	1		1		1		1	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.14 Hasil Uji Kecukupan Data SK 2 dan SK 3 Tipe LD05FTIK

SK 2 - Pengepresan 1			SK 3 - Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi				
No Elemen Kerja	2		No Elemen Kerja	3.1		3.2	
Sub Grup	x	$\chi^2$	Sub Grup	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$
1	1,91	3,63	1	0,47	0,22	1,47	2,15
2	1,91	3,65	2	0,49	0,24	1,50	2,25
3	1,89	3,58	3	0,5	0,25	1,52	2,31
4	1,92	3,67	4	0,49	0,24	1,48	2,19
5	1,9	3,60	5	0,48	0,23	1,46	2,13
$\Sigma$ (detik)	9,53	18,15	$\Sigma$ (detik)	2,43	1,18	7,42	11,02
N	5		N	5		5	
N'	0,01		N'	0,19		0,09	
	1			1		1	
Keterangan	CUKUP		Keterangan	CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.15 Hasil Uji Kecukupan Data SK 4 dan SK 5 Tipe LD05FTIK

SK 4 - Pengepresan 2			SK 5 - Pengujian BG			
No Elemen Kerja	4		5.1		5.2	
Sub Grup	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$
1	1,55	2,41	0,66	0,43	0,74	0,55
2	1,52	2,32	0,66	0,44	0,72	0,51
3	1,54	2,36	0,63	0,39	0,71	0,51
4	1,53	2,33	0,65	0,42	0,71	0,50
5	1,52	2,31	0,67	0,44	0,75	0,56
$\Sigma$ (detik)	7,66	11,72	3,26	2,12	3,63	2,63
N	5		5		5	
N'	0,02		0,17		0,21	
	1		1		1	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.16 Hasil Uji Kecukupan Data SK 6 dan SK 7 Tipe LD05FTIK

SK 6 - Pemasangan <i>Rubber</i>			SK 7 - Pengemasan					
No Elemen Kerja	6		7.1		7.2		7.3	
Sub Grup	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$
1	5,76	33,18	0,18	0,03	1,48	2,19	0,14	0,02
2	5,71	32,55	0,17	0,03	1,51	2,27	0,13	0,02
3	5,73	32,79	0,18	0,03	1,50	2,26	0,12	0,01
4	5,69	32,41	0,16	0,03	1,46	2,14	0,13	0,02
5	5,73	32,78	0,19	0,03	1,48	2,20	0,15	0,02
$\Sigma$ (detik)	28,61	163,71	0,87	0,15	7,43	11,05	0,67	0,09
N	5		5		5		5	
N'	0,01		1,20		0,04		2,10	
	1		2		1		3	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### Uji Kecukupan Data Tipe LZFH

Tabel C.17 Hasil Uji Kecukupan Data SK 1 Tipe LZFH

SK 1 - Perakitan <i>Terminal Body</i>								
No Elemen Kerja	1.1		1.2		1.3		1.4	
Sub Grup	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$
1	0,46	0,21	0,66	0,43	0,62	0,39	0,52	0,27
2	0,47	0,22	0,66	0,44	0,66	0,43	0,58	0,33
3	0,45	0,20	0,67	0,45	0,67	0,44	0,56	0,31
4	0,48	0,23	0,64	0,41	0,63	0,39	0,55	0,31
5	0,50	0,25	0,65	0,42	0,64	0,41	0,53	0,28
$\Sigma$ (detik)	2,36	1,12	3,28	2,15	3,21	2,06	2,73	1,50
N	5		5		5		5	
N'	0,58		0,13		0,25		0,61	
	1		1		1		1	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.18 Hasil Uji Kecukupan Data SK 2 dan SK 3 Tipe LZFH

SK 2 - Pengepresan 1			SK 3 - Pemasangan <i>Washer</i> dan Inspeksi				
No Elemen Kerja	2		No Elemen Kerja	3.1		3.2	
Sub Grup	x	$\chi^2$	Sub Grup	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$
1	1,84	3,37	1	0,47	0,22	0,94	0,87
2	1,87	3,50	2	0,49	0,24	0,88	0,77
3	1,88	3,53	3	0,53	0,28	0,87	0,75
4	1,9	3,60	4	0,52	0,27	0,92	0,84
5	1,91	3,64	5	0,51	0,26	0,93	0,87
$\Sigma$ (detik)	9,39	17,64	$\Sigma$ (detik)	2,51	1,26	4,53	4,11
N	5		N	5		5	
N'	0,07		N'	0,80		0,38	
	1			1		1	
Keterangan	CUKUP		Keterangan	CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.19 Hasil Uji Kecukupan Data SK 4 dan SK 5 Tipe LZFH

SK 4 - Pengepresan 2			SK 5 - Pengujian BG			
No Elemen Kerja	4		5.1		5.2	
Sub Grup	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$
1	1,60	2,55	0,61	0,37	0,72	0,52
2	1,61	2,60	0,63	0,39	0,78	0,61
3	1,59	2,52	0,60	0,36	0,73	0,54
4	1,63	2,67	0,64	0,41	0,75	0,57
5	1,62	2,61	0,62	0,38	0,74	0,55
$\Sigma$ (detik)	8,05	12,95	3,09	1,91	3,73	2,78
N	5		5		5	
N'	0,04		0,24		0,29	
	1		1		1	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel C.20 Hasil Uji Kecukupan Data SK 6 dan SK 7 Tipe LZFH

SK 6 - Pemasangan <i>Rubber</i>			SK 7 - Pengemasan					
No Elemen Kerja	6		7.1		7.2		7.3	
Sub Grup	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$	x	$\chi^2$
1	5,73	32,79	0,14	0,02	1,59	2,54	0,13	0,02
2	5,69	32,41	0,13	0,02	1,60	2,55	0,15	0,02
3	5,73	32,78	0,12	0,01	1,60	2,57	0,16	0,02
4	5,71	32,55	0,13	0,02	1,58	2,50	0,15	0,02
5	5,70	32,47	0,15	0,02	1,61	2,59	0,14	0,02
$\Sigma$ (detik)	28,55	163,00	0,67	0,09	7,98	12,74	0,73	0,11
N	5		5		5		5	
N'	0,00		2,10		0,01		1,42	
	1		3		1		2	
Keterangan	CUKUP		CUKUP		CUKUP		CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

### *Material Handling*

Tabel C.20 Hasil Uji Kecukupan Data *Material Handling* dari SK 6 dan SK 7

<i>Material Handling</i>		
Sub Grup	x	$x^2$
1	0,53	0,28
2	0,56	0,31
3	0,54	0,30
4	0,57	0,32
5	0,52	0,27
$\Sigma$	2,72	1,48
N	5	
N'	0,36	
	1	
Keterangan	CUKUP	

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

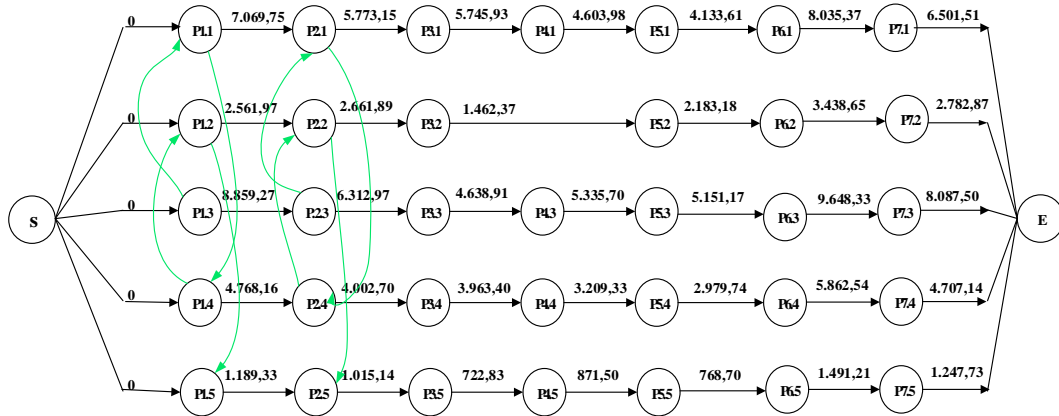
# LAMPIRAN D

## PENJADWALAN AWAL METODE

### *SHIFTING BOTTLENECK*

Perhitungan iterasi pada Metode *Shifting Bottleneck*

Iterasi 3



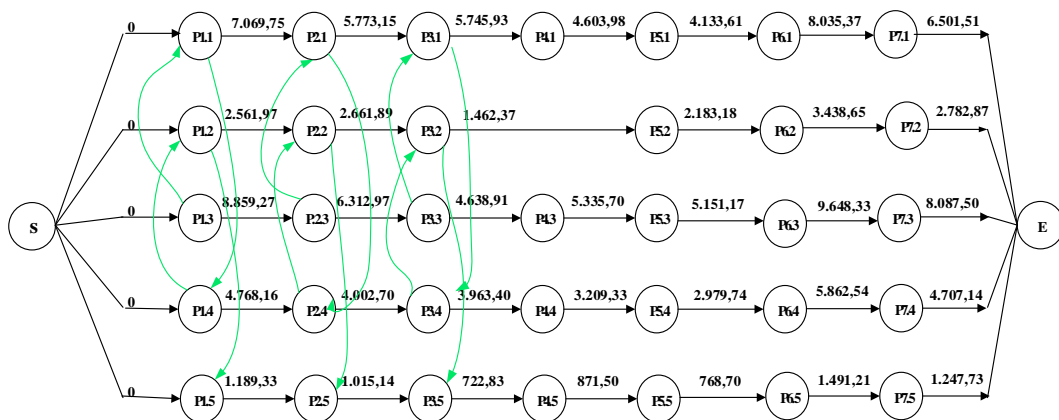
Gambar D.1 *Graph* Iterasi 3  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel D.1 Perhitungan Iterasi 3 pada SK 3

SK3					
<i>Job</i>	1	2	3	4	5
$r_i$	12.842,90	5.223,86	15.172,24	8.770,85	2.204,47
$d_{ij}$	5.745,93	1.462,37	4.638,91	3.963,40	722,83
$C^*$	18.588,83	6.686,23	19.811,16	12.734,26	2.927,29
CP	41.863,30	15.090,92	48.033,85	29.493,01	7.306,43
LB	48.033,85				
$d_{ij}$	11.916,47	34.405,29	4.638,91	22.504,24	41.450,24
Urutan	2	4	1	3	5

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Iterasi 4



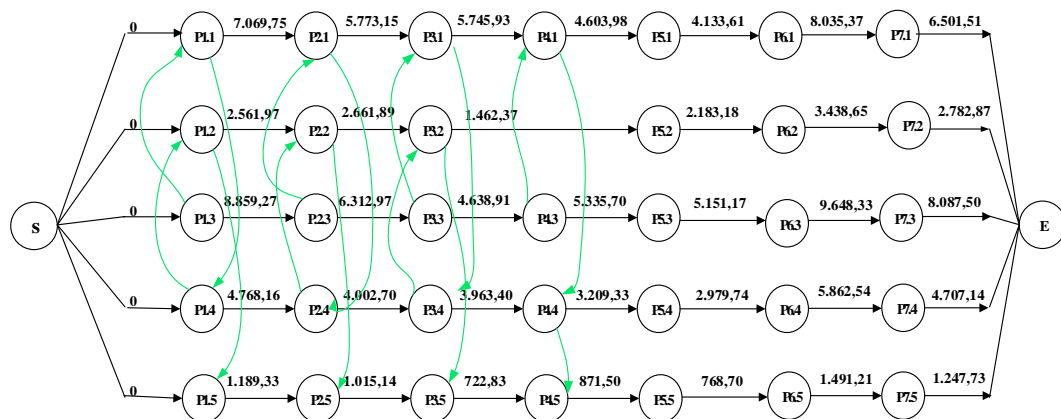
Gambar D.2 *Graph* Iterasi 4  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel D.2 Perhitungan Iterasi 4 pada SK 4

SK4				
Job	1	3	4	5
$f_i$	18.588,83	19.811,16	12.734,26	2.927,29
$d_{ij}$	4.603,98	5.335,70	3.209,33	871,50
$C^*$	23.192,81	25.146,85	15.943,59	3.798,79
CP	41.863,30	48.033,85	29.493,01	7.306,43
LB	48.033,85			
$d_{ij}$	10.774,53	5.335,70	21.750,17	41.598,92
Urutan	2	1	3	5

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Iterasi 5



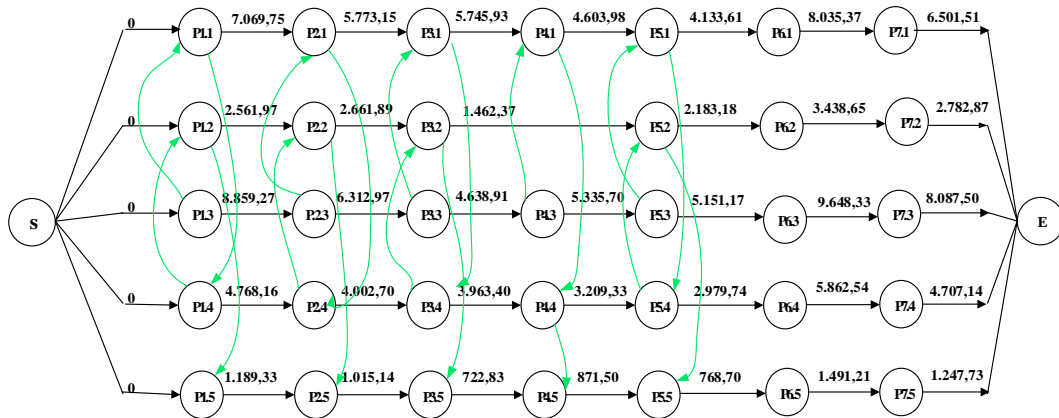
Gambar D.3 *Graph* Iterasi 5  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel D.3 Perhitungan Iterasi 5 pada SK 5

SK5					
Job	1	2	3	4	5
$f_i$	23.192,81	6.686,23	25.146,85	15.943,59	3.798,79
$d_{ij}$	5.745,93	1.462,37	4.638,91	3.963,40	722,83
$C^*$	28.938,74	8.148,60	29.785,77	19.906,99	4.521,62
CP	41.863,30	15.090,92	48.033,85	29.493,01	7.306,43
LB	48.033,85				
$d_{ij}$	11.916,47	34.405,29	4.638,91	22.504,24	41.450,24
Urutan	2	4	1	3	5

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Iterasi 6



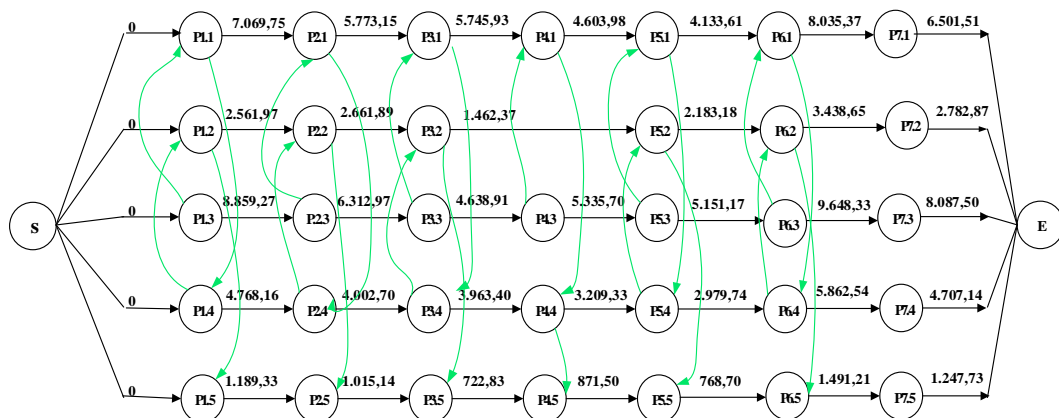
Gambar D.4 *Graph* Iterasi 6  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel D.4 Perhitungan Iterasi 6 pada SK 6

SK6					
<i>Job</i>	1	2	3	4	5
$r_i$	28.938,74	8.148,60	29.785,77	19.906,99	4.521,62
$d_{ij}$	8.035,37	3.438,65	9.648,33	5.862,54	1.491,21
$C^*$	36.974,11	11.587,24	39.434,10	25.769,54	6.012,83
CP	41.863,30	15.090,92	48.033,85	29.493,01	7.306,43
LB	48.033,85				
$d_{ij}$	14.205,92	36.381,57	9.648,33	24.403,38	42.218,63
Urutan	2	4	1	3	5

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Iterasi 7

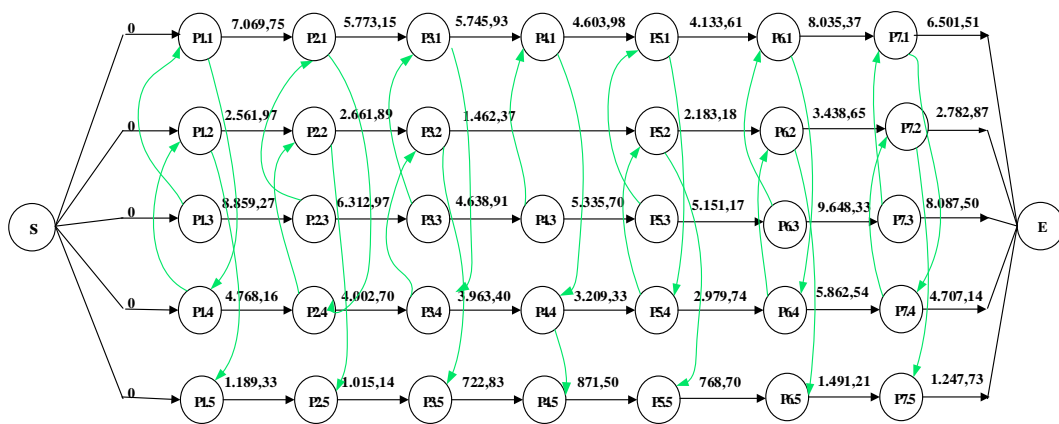


Gambar D.5 *Graph* Iterasi 7  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel D.5 Perhitungan Iterasi 7 pada SK 7

SK7					
Job	1	2	3	4	5
$r_{ij}$	36.974,11	11.587,24	39.434,10	25.769,54	6.012,83
$p_{ij}$	6.501,51	2.782,87	8.087,50	4.707,14	1.247,73
$C^*$	43.475,62	14.370,11	47.521,59	30.476,67	7.260,56
CP	41.863,30	15.090,92	48.033,85	29.493,01	7.306,43
LB	48.033,85				
$d_{ij}$	12.672,05	35.725,79	8.087,50	23.247,97	41.975,15
Urutan	2	4	1	3	5

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)



Gambar D.6 Graph Hasil Perhitungan Seluruh Iterasi *Shifting Bottleneck*  
(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Perhitungan nilai keterlambatan ( $L^*$ ) pada Metode *Shifting Bottleneck*

Tabel D.6 Perhitungan Nilai Keterlambatan SK 3

SK3					
Job	3	1	4	2	5
$r_{ij}$	0,00	4.638,91	10.384,84	14.348,24	15.810,61
$p_{ij}$	4.638,91	5.745,93	3.963,40	1.462,37	722,83
$C^*$	4.638,91	10.384,84	14.348,24	15.810,61	16.533,44
$d_{ij}$	4.638,91	11.916,47	22.504,24	34.405,29	41.450,24
L	0,00	-1.531,63	-8.156,00	-18.594,68	-24.916,81
$L^*$	0,00				

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel D.7 Perhitungan Nilai Keterlambatan SK 4

<b>SK4</b>				
<i>Job</i>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>r<sub>ij</sub></b>	0,00	5.335,70	9.939,68	13.149,02
<b>p<sub>ij</sub></b>	5.335,70	4.603,98	3.209,33	871,50
<b>C*</b>	5.335,70	9.939,68	13.149,02	14.020,52
<b>d<sub>ij</sub></b>	5.335,70	10.774,53	21.750,17	41.598,92
<b>L</b>	0,00	-834,85	-8.601,15	-27.578,40
<b>L*</b>	0,00			

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel D.8 Perhitungan Nilai Keterlambatan SK 5

<b>SK5</b>					
<i>Job</i>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>r<sub>ij</sub></b>	0,00	4.638,91	10.384,84	14.348,24	15.810,61
<b>p<sub>ij</sub></b>	4.638,91	5.745,93	3.963,40	1.462,37	722,83
<b>C*</b>	4.638,91	10.384,84	14.348,24	15.810,61	16.533,44
<b>d<sub>ij</sub></b>	4.638,91	11.916,47	22.504,24	34.405,29	41.450,24
<b>L</b>	0,00	-1.531,63	-8.156,00	-18.594,68	-24.916,81
<b>L*</b>	0,00				

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel D.9 Perhitungan Nilai Keterlambatan SK 6

<b>SK6</b>					
<i>Job</i>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>r<sub>ij</sub></b>	0,00	9.648,33	17.683,70	23.546,25	26.984,89
<b>p<sub>ij</sub></b>	9.648,33	8.035,37	5.862,54	3.438,65	1.491,21
<b>C*</b>	9.648,33	17.683,70	23.546,25	26.984,89	28.476,10
<b>d<sub>ij</sub></b>	9.648,33	14.205,92	24.403,38	36.381,57	42.218,63
<b>L</b>	0,00	3.477,79	-857,13	-9.396,68	-13.742,52
<b>L*</b>	3.477,79				

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

Tabel D.10 Perhitungan Nilai Keterlambatan SK 7

<b>SK7</b>					
<i>Job</i>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>r<sub>ij</sub></b>	0,00	8.087,50	14.589,00	19.296,14	22.079,01
<b>p<sub>ij</sub></b>	8.087,50	6.501,51	4.707,14	2.782,87	1.247,73
<b>C*</b>	8.087,50	14.589,00	19.296,14	22.079,01	23.326,74
<b>d<sub>ij</sub></b>	8.087,50	12.672,05	23.247,97	35.725,79	41.975,15
<b>L</b>	0,00	1.916,95	-3.951,83	-13.646,79	-18.648,41
<b>L*</b>	1.916,95				

(Sumber: Hasil Pengolahan Data)

# **LAMPIRAN E**

PERHITUNGAN *MAKESPAN*

METODE ALGORITMA

*TABU SEARCH*

Iterasi 3

*Neighborhood Search* : (3,1) = 1-3-5-4-2      (1,4) = 3-4-5-1-2  
 (3,5) = 5-1-3-4-2      (1,2) = 3-2-5-4-1  
 (3,4) = 4-1-5-3-2      (5,4) = 3-1-4-5-2  
 (3,2) = 2-1-5-4-3      (5,2) = *tabu*  
 (1,5) = 3-5-1-4-2      (4,2) = *tabu*

Tabel E.1 Perhitungan *Makespan* Iterasi 3 *Job* 1-3-5-4-2

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Job 1</b>	Mulai	0,00	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80
	Selesai	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80	41.863,30
<b>Job 3</b>	Mulai	7.069,75	15.929,02	22.241,99	26.880,90	32.216,60	37.367,77	47.016,10
	Selesai	15.929,02	22.241,99	26.880,90	32.216,60	37.367,77	47.016,10	55.103,59
<b>Job 5</b>	Mulai	15.929,02	22.241,99	26.880,90	32.216,60	37.367,77	47.016,10	55.103,59
	Selesai	17.118,35	23.257,13	27.603,73	33.088,10	38.136,47	48.507,31	56.351,32
<b>Job 4</b>	Mulai	17.118,35	23.257,13	27.603,73	33.088,10	38.136,47	48.507,31	56.351,32
	Selesai	21.886,51	27.259,82	31.567,13	36.297,43	41.116,21	54.369,85	61.058,46
<b>Job 2</b>	Mulai	21.886,51	27.259,82	31.567,13	-	41.116,21	54.369,85	61.058,46
	Selesai	24448,48	29921,71	33029,50	-	43299,38	57808,50	<b>63841,33</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.2 Perhitungan *Makespan* Iterasi 3 *Job* 5-1-3-4-2

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Job 5</b>	Mulai	0,00	1.189,33	2.204,47	2.927,29	3.798,79	4.567,49	6.058,70
	Selesai	1.189,33	2.204,47	2.927,29	3.798,79	4.567,49	6.058,70	7.306,43
<b>Job 1</b>	Mulai	1.189,33	8.259,08	14.032,23	19.778,16	24.382,14	28.515,75	36.551,13
	Selesai	8.259,08	14.032,23	19.778,16	24.382,14	28.515,75	36.551,13	43.052,63
<b>Job 3</b>	Mulai	8.259,08	17.118,35	23.431,32	28.070,23	33.405,93	38.557,10	48.205,43
	Selesai	17.118,35	23.431,32	28.070,23	33.405,93	38.557,10	48.205,43	56.292,92
<b>Job 4</b>	Mulai	17.118,35	23.431,32	28.070,23	33.405,93	38.557,10	48.205,43	56.292,92
	Selesai	21.886,51	27.434,02	32.033,64	36.615,26	41.536,84	54.067,97	61.000,06
<b>Job 2</b>	Mulai	21.886,51	27.434,02	32.033,64	-	41.536,84	54.067,97	61.000,06
	Selesai	24.448,48	30.095,91	33.496,00	-	43.720,02	57.506,62	<b>63.782,93</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.3 Perhitungan *Makespan* Iterasi 3 *Job* 4-1-5-3-2

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 4	Mulai	0,00	4.768,16	8.770,85	12.734,26	15.943,59	18.923,33	24.785,87
	Selesai	4.768,16	8.770,85	12.734,26	15.943,59	18.923,33	24.785,87	29.493,01
Job 1	Mulai	4.768,16	11.837,90	17.611,05	23.356,98	27.960,97	32.094,58	40.129,95
	Selesai	11.837,90	17.611,05	23.356,98	27.960,97	32.094,58	40.129,95	46.631,46
Job 5	Mulai	11.837,90	17.611,05	23.356,98	27.960,97	32.094,58	40.129,95	46.631,46
	Selesai	13.027,23	18.626,19	24.079,81	28.832,47	32.863,28	41.621,16	47.879,19
Job 3	Mulai	13.027,23	21.886,51	28.199,48	32.838,39	38.174,09	43.325,25	52.973,58
	Selesai	21.886,51	28.199,48	32.838,39	38.174,09	43.325,25	52.973,58	61.061,08
Job 2	Mulai	21.886,51	28.199,48	32.838,39	-	43.325,25	52.973,58	61.061,08
	Selesai	24.448,48	30.861,37	34.300,75	-	45.508,43	56.412,23	<b>63.843,95</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.4 Perhitungan *Makespan* Iterasi 3 Job 2-1-5-4-3

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 2	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
Job 1	Mulai	2.561,97	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77
	Selesai	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77	44.425,28
Job 5	Mulai	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77	44.425,28
	Selesai	10.821,05	16.420,01	21.873,63	26.626,29	30.657,10	39.414,98	45.673,01
Job 4	Mulai	10.821,05	16.420,01	21.873,63	26.626,29	30.657,10	39.414,98	45.673,01
	Selesai	15.589,21	20.422,71	25.837,03	29.835,62	33.636,84	45.277,52	50.380,14
Job 3	Mulai	15.589,21	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	45.887,23	55.535,56
	Selesai	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	45.887,23	55.535,56	<b>63.623,05</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.5 Perhitungan *Makespan* Iterasi 3 Job 3-5-1-4-2

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
Job 5	Mulai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
	Selesai	10.048,61	16.187,38	20.533,98	26.018,35	31.066,72	41.437,56	49.281,58
Job 1	Mulai	10.048,61	17.118,35	22.891,50	28.637,43	33.241,42	41.437,56	49.472,93
	Selesai	17.118,35	22.891,50	28.637,43	33.241,42	37.375,03	49.472,93	55.974,44
Job 4	Mulai	17.118,35	22.891,50	28.637,43	33.241,42	37.375,03	49.472,93	55.974,44
	Selesai	21.886,51	26.894,20	32.600,84	36.450,75	40.354,77	55.335,48	60.681,58
Job 2	Mulai	21.886,51	26.894,20	32.600,84	-	40.354,77	55.335,48	60.681,58
	Selesai	24.448,48	29.556,09	34.063,20	-	42.537,95	58.774,12	<b>63.464,45</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.6 Perhitungan *Makespan* Iterasi 3 Job 3-4-5-1-2

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
Job 4	Mulai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
	Selesai	13.627,43	19.174,94	23.774,56	28.356,19	33.277,76	45.808,89	52.740,98
Job 5	Mulai	13.627,43	19.174,94	23.774,56	28.356,19	33.277,76	45.808,89	52.740,98
	Selesai	14.816,76	20.190,08	24.497,39	29.227,69	34.046,46	47.300,10	53.988,71
Job 1	Mulai	14.816,76	21.886,51	27.659,66	33.405,59	38.009,57	47.300,10	55.335,48
	Selesai	21.886,51	27.659,66	33.405,59	38.009,57	42.143,18	55.335,48	61.836,98
Job 2	Mulai	21.886,51	27.659,66	33.405,59	-	42.143,18	55.335,48	61.836,98
	Selesai	24.448,48	30.321,55	34.867,96	-	44.326,36	58.774,12	<b>64.619,85</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.7 Perhitungan *Makespan* Iterasi 3 Job 3-2-5-4-1

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
Job 2	Mulai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	-	30.298,02	39.946,35	48.033,85
	Selesai	11.421,25	17.834,13	21.273,52	-	32.481,20	43.385,00	50.816,72
Job 5	Mulai	11.421,25	17.834,13	21.273,52	25.146,85	32.481,20	43.385,00	50.816,72
	Selesai	12.610,58	18.849,27	21.996,35	26.018,35	33.249,90	44.876,21	52.064,45
Job 4	Mulai	12.610,58	18.849,27	22.851,97	26.815,37	33.249,90	44.876,21	52.064,45
	Selesai	17.378,74	22.851,97	26.815,37	30.024,70	36.229,64	50.738,75	56.771,58
Job 1	Mulai	17.378,74	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	50.738,75	58.774,12
	Selesai	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	44.705,16	58.774,12	<b>65.275,63</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.8 Perhitungan *Makespan* Iterasi 3 Job 3-1-4-5-2

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
Job 1	Mulai	8.859,27	15.929,02	21.702,17	27.448,10	32.052,09	39.946,35	48.033,85
	Selesai	15.929,02	21.702,17	27.448,10	32.052,09	36.185,70	47.981,72	54.535,35
Job 4	Mulai	15.929,02	21.702,17	27.448,10	32.052,09	36.185,70	47.981,72	54.535,35
	Selesai	20.697,18	25.704,87	31.411,51	35.261,42	39.165,44	53.844,27	59.242,49
Job 5	Mulai	20.697,18	25.704,87	31.411,51	35.261,42	39.165,44	53.844,27	59.242,49
	Selesai	21.886,51	26.720,01	32.134,33	36.132,92	39.934,14	55.335,48	60.490,22
Job 2	Mulai	21.886,51	26.720,01	32.134,33	-	39.934,14	55.335,48	60.490,22
	Selesai	24.448,48	29.381,90	33.596,70	-	42.117,32	58.774,12	<b>63.273,09</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

#### Iterasi 4

*Neighborhood Search* : (3,1) = 1-3-4-5-2      (1,5) = 3-5-4-1-2  
(3,4) = 4-1-3-5-2      (1,2) = 3-1-4-5-1

(3,5) = 5-1-4-3-2      (4,5) = *tabu*  
 (3,2) = 2-1-4-5-3      (4,2) = *tabu*  
 (1,4) = 3-4-1-5-2      (5,2) = *tabu*

Tabel E.9 Perhitungan *Makespan* Iterasi 4 *Job* 1-3-4-5-2

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Job</i> 1	Mulai	0,00	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80
	Selesai	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80	41.863,30
<i>Job</i> 3	Mulai	7.069,75	15.929,02	22.241,99	26.880,90	32.216,60	37.367,77	47.016,10
	Selesai	15.929,02	22.241,99	26.880,90	32.216,60	37.367,77	47.016,10	55.103,59
<i>Job</i> 4	Mulai	15.929,02	22.241,99	26.880,90	32.216,60	37.367,77	47.016,10	55.103,59
	Selesai	20.697,18	26.244,69	30.844,31	35.425,93	40.347,51	52.878,64	59.810,73
<i>Job</i> 5	Mulai	20.697,18	26.244,69	30.844,31	35.425,93	40.347,51	52.878,64	59.810,73
	Selesai	21.886,51	27.259,82	31.567,13	36.297,43	41.116,21	54.369,85	61.058,46
<i>Job</i> 2	Mulai	21.886,51	27.259,82	31.567,13	-	41.116,21	54.369,85	61.058,46
	Selesai	24.448,48	29.921,71	33.029,50	-	43.299,38	57.808,50	<b>63.841,33</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.10 Perhitungan *Makespan* Iterasi 4 *Job* 4-1-3-5-2

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Job</i> 4	Mulai	0,00	4.768,16	8.770,85	12.734,26	15.943,59	18.923,33	24.785,87
	Selesai	4.768,16	8.770,85	12.734,26	15.943,59	18.923,33	24.785,87	29.493,01
<i>Job</i> 1	Mulai	4.768,16	11.837,90	17.611,05	23.356,98	27.960,97	32.094,58	40.129,95
	Selesai	11.837,90	17.611,05	23.356,98	27.960,97	32.094,58	40.129,95	46.631,46
<i>Job</i> 3	Mulai	11.837,90	20.697,18	27.010,15	31.649,06	36.984,76	42.135,92	51.784,25
	Selesai	20.697,18	27.010,15	31.649,06	36.984,76	42.135,92	51.784,25	59.871,75
<i>Job</i> 5	Mulai	20.697,18	27.010,15	31.649,06	36.984,76	42.135,92	51.784,25	59.871,75
	Selesai	21.886,51	28.025,28	32.371,88	37.856,26	42.904,62	53.275,46	61.119,48
<i>Job</i> 2	Mulai	21.886,51	28.025,28	32.371,88	-	42.904,62	53.275,46	61.119,48
	Selesai	24.448,48	30.687,17	33.834,25	-	45.087,80	56.714,11	<b>63.902,35</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.11 Perhitungan *Makespan* Iterasi 4 *Job* 5-1-4-3-2

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 5	Mulai	0,00	1.189,33	2.204,47	2.927,29	3.798,79	4.567,49	6.058,70
	Selesai	1.189,33	2.204,47	2.927,29	3.798,79	4.567,49	6.058,70	7.306,43
Job 1	Mulai	1.189,33	8.259,08	14.032,23	19.778,16	24.382,14	28.515,75	36.551,13
	Selesai	8.259,08	14.032,23	19.778,16	24.382,14	28.515,75	36.551,13	43.052,63
Job 4	Mulai	8.259,08	14.032,23	19.778,16	24.382,14	28.515,75	36.551,13	43.052,63
	Selesai	13.027,23	18.034,93	23.741,56	27.591,48	31.495,50	42.413,67	47.759,77
Job 3	Mulai	13.027,23	21.886,51	28.199,48	32.838,39	38.174,09	43.325,25	52.973,58
	Selesai	21.886,51	28.199,48	32.838,39	38.174,09	43.325,25	52.973,58	61.061,08
Job 2	Mulai	21.886,51	28.199,48	32.838,39	-	43.325,25	52.973,58	61.061,08
	Selesai	24.448,48	30.861,37	34.300,75	-	45.508,43	56.412,23	<b>63.843,95</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.12 Perhitungan *Makespan* Iterasi 4 Job 2-1-4-5-3

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 2	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
Job 1	Mulai	2.561,97	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77
	Selesai	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77	44.425,28
Job 4	Mulai	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77	44.425,28
	Selesai	14.399,88	19.407,57	25.114,21	28.964,12	32.868,14	43.786,31	49.132,41
Job 5	Mulai	14.399,88	19.407,57	25.114,21	28.964,12	32.868,14	43.786,31	49.132,41
	Selesai	15.589,21	20.422,71	25.837,03	29.835,62	33.636,84	45.277,52	50.380,14
Job 3	Mulai	15.589,21	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	45.887,23	55.535,56
	Selesai	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	45.887,23	55.535,56	<b>63.623,05</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.13 Perhitungan *Makespan* Iterasi 4 Job 3-4-1-5-2

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
Job 4	Mulai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
	Selesai	13.627,43	19.174,94	23.774,56	28.356,19	33.277,76	45.808,89	52.740,98
Job 1	Mulai	13.627,43	20.697,18	26.470,33	32.216,26	36.820,24	45.808,89	53.844,27
	Selesai	20.697,18	26.470,33	32.216,26	36.820,24	40.953,85	53.844,27	60.345,77
Job 5	Mulai	20.697,18	26.470,33	32.216,26	36.820,24	40.953,85	53.844,27	60.345,77
	Selesai	21.886,51	27.485,47	32.939,08	37.691,74	41.722,55	55.335,48	61.593,50
Job 2	Mulai	21.886,51	27.485,47	32.939,08	-	41.722,55	55.335,48	61.593,50
	Selesai	24.448,48	30.147,35	34.401,45	-	43.905,73	58.774,12	<b>64.376,37</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.14 Perhitungan *Makespan* Iterasi 4 Job 3-5-4-1-2

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
Job 5	Mulai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
	Selesai	10.048,61	16.187,38	20.533,98	26.018,35	31.066,72	41.437,56	49.281,58
Job 4	Mulai	10.048,61	16.187,38	20.533,98	26.018,35	31.066,72	41.437,56	49.281,58
	Selesai	14.816,76	20.190,08	24.497,39	29.227,69	34.046,46	47.300,10	53.988,71
Job 1	Mulai	14.816,76	21.886,51	27.659,66	33.405,59	38.009,57	47.300,10	55.335,48
	Selesai	21.886,51	27.659,66	33.405,59	38.009,57	42.143,18	55.335,48	61.836,98
Job 2	Mulai	21.886,51	27.659,66	33.405,59	-	42.143,18	55.335,48	61.836,98
	Selesai	24.448,48	30.321,55	34.867,96	-	44.326,36	58.774,12	<b>64.619,85</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.15 Perhitungan *Makespan* Iterasi 4 Job 3-1-4-5-1

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 3	Mulai	0,00	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35
	Selesai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	25.146,85	30.298,02	39.946,35	48.033,85
Job 2	Mulai	8.859,27	15.172,24	19.811,16	-	30.298,02	39.946,35	48.033,85
	Selesai	11.421,25	17.834,13	21.273,52	-	32.481,20	43.385,00	50.816,72
Job 5	Mulai	11.421,25	17.834,13	21.836,83	25.800,23	32.481,20	43.385,00	50.816,72
	Selesai	16.189,40	21.836,83	25.800,23	29.009,57	35.460,94	49.247,54	55.523,85
Job 4	Mulai	16.189,40	21.836,83	25.800,23	29.009,57	35.460,94	49.247,54	55.523,85
	Selesai	17.378,74	22.851,97	26.523,06	29.881,07	36.229,64	50.738,75	56.771,58
Job 1	Mulai	17.378,74	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	50.738,75	58.774,12
	Selesai	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	44.705,16	58.774,12	<b>65.275,63</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

### Iterasi 5

*Neighborhood Search* : (2,1) = 1-2-4-5-3      (1,5) = 2-5-4-1-3  
(2,4) = *tabu*                                      (1,3) = 2-3-4-5-1  
(2,5) = *tabu*                                      (4,5) = *tabu*  
(2,3) = *tabu*                                      (4,3) = 2-1-3-5-4  
(1,4) = 2-4-1-5-3                              (5,3) = 2-1-4-3-5

Tabel E.16 Perhitungan *Makespan* Iterasi 5 Job 1-2-4-5-3

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 1	Mulai	0,00	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80
	Selesai	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80	41.863,30
Job 2	Mulai	7.069,75	12.842,90	18.588,83	-	27.326,42	35.361,80	41.863,30
	Selesai	9.631,72	15.504,79	20.051,19	-	29.509,60	38.800,44	44.646,17
Job 4	Mulai	9.631,72	15.504,79	20.051,19	24.014,60	29.509,60	38.800,44	44.662,99
	Selesai	14.399,88	19.507,49	24.014,60	27.223,93	32.489,34	44.662,99	49.370,12
Job 5	Mulai	14.399,88	19.507,49	24.014,60	27.223,93	32.489,34	44.662,99	49.370,12
	Selesai	15.589,21	20.522,62	24.737,42	28.095,43	33.258,04	46.154,20	50.617,85
Job 3	Mulai	15.589,21	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	46.154,20	55.802,53
	Selesai	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	45.887,23	55.802,53	<b>63.890,02</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.18 Perhitungan *Makespan* Iterasi 5 Job 1-2-4-5-3

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 2	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
Job 4	Mulai	2.561,97	7.330,13	11.332,83	15.296,23	18.505,57	21.485,31	27.347,85
	Selesai	7.330,13	11.332,83	15.296,23	18.505,57	21.485,31	27.347,85	32.054,99
Job 1	Mulai	7.330,13	14.399,88	20.173,03	25.918,96	30.522,94	34.656,55	42.691,93
	Selesai	14.399,88	20.173,03	25.918,96	30.522,94	34.656,55	42.691,93	49.193,43
Job 5	Mulai	14.399,88	20.173,03	25.918,96	30.522,94	34.656,55	42.691,93	49.193,43
	Selesai	15.589,21	21.188,17	26.641,78	31.394,44	35.425,25	44.183,14	50.441,16
Job 3	Mulai	15.589,21	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	45.887,23	55.535,56
	Selesai	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	45.887,23	55.535,56	<b>63.623,05</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.19 Perhitungan *Makespan* Iterasi 5 Job 2-4-1-5-3

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 2	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
Job 5	Mulai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	7.409,06	8.869,41	12.308,05	15.090,92
	Selesai	3.751,31	6.239,00	7.409,06	8.280,55	9.638,11	13.799,26	16.338,65
Job 1	Mulai	3.751,31	8.519,46	12.522,16	16.485,56	19.694,90	22.674,64	28.537,18
	Selesai	8.519,46	12.522,16	16.485,56	19.694,90	22.674,64	28.537,18	33.244,32
Job 4	Mulai	8.519,46	15.589,21	21.362,36	27.108,29	31.712,27	35.845,88	43.881,26
	Selesai	15.589,21	21.362,36	27.108,29	31.712,27	35.845,88	43.881,26	50.382,76
Job 3	Mulai	15.589,21	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	45.887,23	55.535,56
	Selesai	24.448,48	30.761,45	35.400,36	40.736,06	45.887,23	55.535,56	<b>63.623,05</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.20 Perhitungan *Makespan* Iterasi 5 *Job* 2-5-4-1-3

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Job</i> 2	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
<i>Job</i> 3	Mulai	2.561,97	11.421,25	17.734,22	22.373,13	27.708,83	32.859,99	42.508,33
	Selesai	11.421,25	17.734,22	22.373,13	27.708,83	32.859,99	42.508,33	50.595,82
<i>Job</i> 4	Mulai	11.421,25	17.734,22	22.373,13	27.708,83	32.859,99	42.508,33	50.595,82
	Selesai	16.189,40	21.736,92	26.336,53	30.918,16	35.839,74	48.370,87	55.302,96
<i>Job</i> 5	Mulai	16.189,40	21.736,92	26.336,53	30.918,16	35.839,74	48.370,87	55.302,96
	Selesai	17.378,74	22.752,05	27.059,36	31.789,66	36.608,44	49.862,08	56.550,69
<i>Job</i> 1	Mulai	17.378,74	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	49.862,08	57.897,45
	Selesai	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	44.705,16	57.897,45	<b>64.398,96</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.21 Perhitungan *Makespan* Iterasi 5 *Job* 2-1-3-5-4

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Job</i> 2	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
<i>Job</i> 1	Mulai	2.561,97	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77
	Selesai	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77	44.425,28
<i>Job</i> 3	Mulai	9.631,72	18.491,00	24.803,96	29.442,88	34.778,57	39.929,74	49.578,07
	Selesai	18.491,00	24.803,96	29.442,88	34.778,57	39.929,74	49.578,07	57.665,57
<i>Job</i> 5	Mulai	18.491,00	24.803,96	29.442,88	34.778,57	39.929,74	49.578,07	57.665,57
	Selesai	19.680,33	25.819,10	30.165,70	35.650,07	40.698,44	51.069,28	58.913,30
<i>Job</i> 4	Mulai	19.680,33	25.819,10	30.165,70	35.650,07	40.698,44	51.069,28	58.913,30
	Selesai	24.448,48	29.821,80	34.129,11	38.859,41	43.678,18	56.931,82	<b>63.620,43</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.22 Perhitungan *Makespan* Iterasi 5 *Job* 2-1-4-3-5

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Job</i> 2	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
<i>Job</i> 1	Mulai	2.561,97	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77
	Selesai	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77	44.425,28
<i>Job</i> 3	Mulai	9.631,72	15.404,87	21.150,80	25.754,79	29.888,40	37.923,77	44.425,28
	Selesai	14.399,88	19.407,57	25.114,21	28.964,12	32.868,14	43.786,31	49.132,41
<i>Job</i> 5	Mulai	14.399,88	23.259,15	29.572,12	34.211,03	39.546,73	44.697,90	54.346,23
	Selesai	23.259,15	29.572,12	34.211,03	39.546,73	44.697,90	54.346,23	62.433,72
<i>Job</i> 4	Mulai	23.259,15	29.572,12	34.211,03	39.546,73	44.697,90	54.346,23	62.433,72
	Selesai	24.448,48	30.587,26	34.933,86	40.418,23	45.466,60	55.837,44	<b>63.681,45</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)





(2,1) = 1-5-3-2-4      (3,1) = 2-5-3-1-4  
 (2,4) = *tabu*            (3,4) = *tabu*  
 (5,3) = 2-3-5-1-4      (1,4) = 2-5-3-4-1

Tabel E.28 Perhitungan *Makespan* Iterasi 7 *Job* 1-5-3-2-4

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Job 1</b>	Mulai	0,00	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80
	Selesai	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80	41.863,30
<b>Job 5</b>	Mulai	7.069,75	12.842,90	18.588,83	23.192,81	27.326,42	35.361,80	41.863,30
	Selesai	8.259,08	13.858,04	19.311,65	24.064,31	28.095,12	36.853,01	43.111,03
<b>Job 3</b>	Mulai	8.259,08	17.118,35	23.431,32	28.070,23	33.405,93	38.557,10	48.205,43
	Selesai	17.118,35	23.431,32	28.070,23	33.405,93	38.557,10	48.205,43	56.292,92
<b>Job 2</b>	Mulai	17.118,35	23.431,32	28.070,23	-	38.557,10	48.205,43	56.292,92
	Selesai	19.680,33	26.093,21	29.532,60	-	40.740,27	51.644,08	59.075,79
<b>Job 4</b>	Mulai	19.680,33	26.093,21	30.095,91	34.059,31	40.740,27	51.644,08	59.075,79
	Selesai	24.448,48	30.095,91	34.059,31	37.268,65	43.720,02	57.506,62	<b>63.782,93</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.29 Perhitungan *Makespan* Iterasi 7 *Job* 2-3-5-1-4

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<b>Job 2</b>	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
<b>Job 3</b>	Mulai	2.561,97	11.421,25	17.734,22	22.373,13	27.708,83	32.859,99	42.508,33
	Selesai	11.421,25	17.734,22	22.373,13	27.708,83	32.859,99	42.508,33	50.595,82
<b>Job 5</b>	Mulai	11.421,25	17.734,22	22.373,13	27.708,83	32.859,99	42.508,33	50.595,82
	Selesai	12.610,58	18.749,35	23.095,96	28.580,33	33.628,69	43.999,54	51.843,55
<b>Job 1</b>	Mulai	12.610,58	19.680,33	25.453,48	31.199,41	35.803,39	43.999,54	52.034,91
	Selesai	19.680,33	25.453,48	31.199,41	35.803,39	39.937,00	52.034,91	58.536,41
<b>Job 4</b>	Mulai	19.680,33	25.453,48	31.199,41	35.803,39	39.937,00	52.034,91	58.536,41
	Selesai	24.448,48	29.456,18	35.162,81	39.012,73	42.916,74	57.897,45	<b>63.243,55</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.30 Perhitungan *Makespan* Iterasi 7 *Job* 2-5-3-1-4

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 2	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
Job 5	Mulai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	7.409,06	8.869,41	12.308,05	15.090,92
	Selesai	3.751,31	6.239,00	7.409,06	8.280,55	9.638,11	13.799,26	16.338,65
Job 1	Mulai	3.751,31	10.821,05	16.594,20	22.340,13	26.944,12	31.077,73	39.113,10
	Selesai	10.821,05	16.594,20	22.340,13	26.944,12	31.077,73	39.113,10	45.614,61
Job 5	Mulai	10.821,05	19.680,33	25.993,30	30.632,21	35.967,91	41.119,07	50.767,40
	Selesai	19.680,33	25.993,30	30.632,21	35.967,91	41.119,07	50.767,40	58.854,90
Job 4	Mulai	19.680,33	25.993,30	30.632,21	35.967,91	41.119,07	50.767,40	58.854,90
	Selesai	24.448,48	29.995,99	34.595,61	39.177,24	44.098,81	56.629,95	<b>63.562,04</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)

Tabel E.31 Perhitungan *Makespan* Iterasi 7 Job 2-5-3-4-1

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
Job 2	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
Job 3	Mulai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	7.409,06	8.869,41	12.308,05	15.090,92
	Selesai	3.751,31	6.239,00	7.409,06	8.280,55	9.638,11	13.799,26	16.338,65
Job 5	Mulai	3.751,31	12.610,58	18.923,55	23.562,46	28.898,16	34.049,33	43.697,66
	Selesai	12.610,58	18.923,55	23.562,46	28.898,16	34.049,33	43.697,66	51.785,15
Job 1	Mulai	12.610,58	18.923,55	23.562,46	28.898,16	34.049,33	43.697,66	51.785,15
	Selesai	17.378,74	22.926,25	27.525,86	32.107,49	37.029,07	49.560,20	56.492,29
Job 4	Mulai	17.378,74	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	49.560,20	57.595,57
	Selesai	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	44.705,16	57.595,57	<b>64.097,08</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)



Tabel E.34 Perhitungan *Makespan* Iterasi 8 *Job* 2-3-5-4-1

Tipe	Keterangan	Waktu Penyelesaian Stasiun Kerja (menit)						
		1	2	3	4	5	6	7
<i>Job</i> 2	Mulai	0,00	2.561,97	5.223,86	-	6.686,23	8.869,41	12.308,05
	Selesai	2.561,97	5.223,86	6.686,23	-	8.869,41	12.308,05	15.090,92
<i>Job</i> 3	Mulai	2.561,97	11.421,25	17.734,22	22.373,13	27.708,83	32.859,99	42.508,33
	Selesai	11.421,25	17.734,22	22.373,13	27.708,83	32.859,99	42.508,33	50.595,82
<i>Job</i> 5	Mulai	11.421,25	17.734,22	22.373,13	27.708,83	32.859,99	42.508,33	50.595,82
	Selesai	12.610,58	18.749,35	23.095,96	28.580,33	33.628,69	43.999,54	51.843,55
<i>Job</i> 4	Mulai	12.610,58	18.749,35	23.095,96	28.580,33	33.628,69	43.999,54	51.843,55
	Selesai	17.378,74	22.752,05	27.059,36	31.789,66	36.608,44	49.862,08	56.550,69
<i>Job</i> 1	Mulai	17.378,74	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	49.862,08	57.897,45
	Selesai	24.448,48	30.221,63	35.967,56	40.571,55	44.705,16	57.897,45	<b>64.398,96</b>

(Sumber. Hasil Pengolahan Data)



