



TUGAS AKHIR : TI 184833

**EVALUASI DAN PENINGKATAN PERFORMANSI LINI
PERAKITAN *SPEAKER* DENGAN MENGGUNAKAN
EKONOMI GERAKAN DAN *LINE BALANCING***

Renny Fatmawati

NRP 02411540000013

DOSEN PEMBIMBING :

Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc. Ph.D., IPU

NIP. 195908171987031002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2019



FINAL PROJECT : TI 184833

**PERFORMANCE EVALUATION AND IMPROVEMENT OF
SPEAKER ASSEMBLY LINE USING ECONOMY MOTION
AND LINE BALANCING**

Renny Fatmawati

NRP 02411540000013

SUPERVISOR :

Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc. Ph.D., IPU

NIP. 195908171987031002

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2019

LEMBAR PENGESAHAN

EVALUASI DAN PENINGKATAN PERFORMANSI LINI PERAKITAN *SPEAKER* DENGAN MENGGUNAKAN EKONOMI GERAKAN DAN *LINE BALANCING*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Renny Fatmawati
NRP. 0241154000013

Mengetahui dan Menyetujui,
Dosen Pembimbing



Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc. Ph.D., IPU

NIP. 195908171987031002



Halaman ini sengaja dikosongkan

EVALUASI DAN PENINGKATAN PERFORMANSI LINI PERAKITAN *SPEAKER* DENGAN MENGGUNAKAN EKONOMI GERAKAN DAN *LINE BALANCING*

Nama mahasiswa : Renny Fatmawati
NRP : 0241154000013
Pembimbing : Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc.PhD.,IPU

ABSTRAK

Lini Perakitan 1 pada Perusahaan *Speaker* dioperasikan secara manual. Lini ini dibagi menjadi dua sub lini yaitu Lini 1A dan Lini 1B. Pada lini ini, *speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK merupakan produk terbanyak yang diproduksi selama Tahun 2018 dengan rata-rata permintaan 1.238 unit per hari. Lini ini memiliki permasalahan ketidakseimbangan lini yang ditunjukkan dengan operasi yang menganggur atau *bottleneck*. Hal ini menunjukkan bahwa performansi Lini Perakitan 1 masih rendah. Pada penelitian ini, dilakukan evaluasi terhadap operasi yang *bottleneck* menggunakan perbaikan metode kerja dengan menerapkan prinsip ekonomi gerakan. Kemudian dari perbaikan pertama dilakukan penyeimbangan lini menggunakan *Heuristic Line Balancing*. Metode yang digunakan antara lain *Largest Candidate Rule*, *Killbridge and Wester* dan *Ranked Positional Weight*. Alternatif-alternatif perbaikan ini dipilih menggunakan *value engineering* yang telah dimodifikasi menggunakan parameter efisiensi lini keseimbangan dan biaya tenaga kerja. Hasil dari penelitian ini adalah rekomendasi untuk Lini 1A adalah alternatif perbaikan dengan ekonomi gerakan yang dikombinasikan dengan *Line Balancing Killbridge and Wester* atau *Ranked Positional Weight* dengan *value* sebesar 2,88. Sedangkan rekomendasi untuk Lini 1B adalah alternatif perbaikan dengan ekonomi gerakan yang dikombinasikan dengan *Line Balancing Largest Candidate Rule* atau *Ranked Positional Weight* dengan *value* sebesar 3,69.

Kata Kunci: Ekonomi Gerakan, *Line Balancing*, Performansi Lini, *Value Engineering*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

PERFORMANCE EVALUATION AND IMPROVEMENT OF SPEAKER ASSEMBLY LINE USING ECONOMY MOTION AND LINE BALANCING

Name : Renny Fatmawati
NRP : 0241154000013
Supervisor : Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc.PhD.,IPU

ABSTRACT

Assembly Line 1 of *Perusahaan Speaker* is operated manually by operator. This line consists of two sub-lines, there are Line 1A and Line 1B. The most speaker types that produced by this line in 2018 is 12in ACR-1230 BLACK with daily demand 1.238 unit. This line has line unbalance problem which shown by idle or bottleneck operation. These problems indicate that line performance of Assembly Line 1 is still low. In this research, bottleneck operation is evaluated using work method improvement with economy motion principles. Then this improvement combined with Heuristic Line Balancing. Line Balancing method that used in this research are Largest Candidate Rule, Killbridge and Wester and Ranked Positional Weight. From these improvement alternatives, the best one is selected using modified value engineering which uses line balancing efficiency and labor cost parameters. Output of this research are recommendations for each line. Recommendation for Line 1A are alternatives that combine economy motion with Killbridge and Wester or Ranked Positional Weight Line Balancing Method which value of 2,88. Recommendation for Line 1B are alternatives that combine economy motion with Largest Candidate Rule or Ranked Positional Weight Line Balancing Method which value of 3,69.

Key Word: Economy Motion, Line Balancing, Line Performance, *Value Engineering*

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Evaluasi dan Peningkatan Performansi Lini Perakitan *Speaker* dengan Menggunakan Ekonomi Gerakan dan *Line Balancing*” dengan lancar dan tepat pada waktunya. Shalawat serta salam juga senantiasa penulis ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Laporan tugas akhir ini disusun sebagai persyaratan dalam menyelesaikan studi Strata-1 (S-1) di Departemen Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama pengerjaan tugas akhir ini, penulis telah menerima banyak bantuan dari berbagai pihak. Oleh sebab itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini, antara lain:

1. Bapak Prof. Ir. Moses L. Singgih, M.Sc. Ph.D., IPU selaku dosen pembimbing tugas akhir.
2. Bapak Mario, Bapak Budiono, Mbak Gina, Mbak Inan, Mbak April dan Pak Arik yang telah memberikan kesempatan dan bimbingan dalam proses pengambilan data di perusahaan.
3. Ibu Nani Kurniati, S.T, M.T, Ph.D, Bapak Ir. Hari Supriyanto, MSIE selaku dosen penguji pada seminar proposal.
4. Ibu Dewanti Anggrahini, S.T, M.T. dan Ibu Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D selaku dosen penguji pada sidang tugas akhir.
5. Seluruh Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Industri ITS. Khususnya Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Industri ITS, Bapak Dr. Adhitya Sudiarno selaku Ketua Prodi S-1, dan Bapak Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen wali penulis.
6. Kedua orang tua penulis, Ibu Masriatun dan Ayah Mulyono Yusuf, saudara penulis, Rifqi Nur Abyan, serta keluarga besar penulis.
7. Teman-teman Teknik Industri Angkatan 2015, Icarus.
8. Semua pihak yang terlibat yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari kesalahan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf atas segala kesalahan dan kekurangan yang ada. Penulis sangat terbuka dengan kritik dan saran dari pembaca yang dapat membangun dan memperbaiki penulisan selanjutnya. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, 7 Januari 2019

Renny Fatmawati

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	5
1.3. Tujuan Penelitian	5
1.4. Manfaat Penelitian	5
1.5. Ruang Lingkup Penelitian	5
1.5.1. Batasan Penelitian	5
1.5.2. Asumsi Penelitian	6
1.6. Sistematika Penulisan	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1. <i>Speaker</i>	9
2.1.1. Jenis Speaker	9
2.1.2. Bagian dan Cara Kerja Speaker	10
2.2. <i>Line Balancing</i>	11
2.2.1. Tujuan Line Balancing	12
2.2.2. Klasifikasi Line Balancing	12
2.2.3. Batasan Line Balancing	13
2.2.4. Perhitungan Line Balancing	14
2.2.4.1. Waktu Beban Kerja	14
2.2.4.2. Laju Produksi (R_p)	14
2.2.4.3. Waktu Siklus (T_c)	15
2.2.4.1. Jumlah Stasiun Kerja Minimum (w^*)	15
2.2.4.2. Performansi Line Balancing	16
2.2.5. Metode Line Balancing	17
2.2.5.1. Largest Candidate Rule	18
2.2.5.2. Kilbridge and Wester Method	18
2.2.5.3. Ranked Positional Weights	19
2.3. Peta Kerja	19
2.3.1. Peta Proses Operasi	20
2.3.2. Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan	21
2.3.3. Peta Pekerja Mesin	23
2.4. Ekonomi Gerakan	24
2.5. Konsep Biaya	26
2.5.1. Biaya Produksi	26
2.5.2. Biaya Relevan	26
2.6. <i>Value Engineering</i>	27
2.7. Penelitian-Penelitian Terkait dan Posisi Penelitian	29

2.7.1.	Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Posisi Penelitian	29
2.7.2.	Gap Penelitian dan Posisi Penelitian	30
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1.	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data.....	35
3.1.1.	Pengumpulan Data.....	35
3.1.2.	Pengolahan Data Kondisi Eksisting	36
3.1.3.	Perbaikan Metode Kerja	37
3.1.4.	Pengolahan Data Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja	37
3.1.5.	Persiapan Line Balancing	37
3.1.6.	Pengolahan Line Balancing Metode Largest Candidate Rule.....	38
3.1.7.	Pengolahan Line Balancing Metode Killbridge and Wester	38
3.1.8.	Pengolahan Line Balancing Metode Ranked Positional Weights ...	38
3.2.	Tahap Analisis dan Perbaikan.....	39
3.2.1.	Analisis Proses Perakitan Speaker.....	39
3.2.2.	Analisis Kondisi Eksisting	39
3.2.3.	Analisis Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja.....	39
3.2.4.	Analisis Line Balancing	39
3.2.5.	Analisis Alternatif Perbaikan.....	39
3.2.6.	Analisis Value Engineering.....	39
3.3.	Tahap Kesimpulan dan Saran	40
BAB 4	PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	41
4.1.	Identifikasi Proses Perakitan <i>Speaker</i>	41
4.1.1.	Proses Perakitan Speaker.....	41
4.1.2.	Alokasi Operator, Mesin, Tools, Jig dan Fixture	59
4.1.3.	Peta Proses Operasi	62
4.2.	Pengolahan Data Kondisi Eksisting.....	62
4.2.1.	Waktu Produksi Speaker	62
4.2.2.	Efisiensi Kondisi Eksisting.....	64
4.2.3.	Laju Produksi Lini Perakitan.....	64
4.2.4.	Waktu Siklus Lini Perakitan.....	64
4.2.5.	Perhitungan Kondisi Eksisting	65
4.2.5.1.	Waktu Beban Kerja Kondisi Eksisting	65
4.2.5.2.	Jumlah Stasiun Kondisi Eksisting.....	65
4.2.5.3.	Performansi Kondisi Eksisting	66
4.3.	Perbaikan Metode Kerja	66
4.3.1.	Waktu Operasi Berdasarkan STS	66
4.3.2.	Evaluasi Operasi Bottleneck.....	69
4.3.2.1.	Evaluasi Operasi Penggabungan Magnet + Yoke dan Pemasangan Center yoke	69
4.3.2.2.	Evaluasi Operasi Pemasangan Tinsel Lead dan Pelilitan Kawat Coil	74
4.3.2.3.	Evaluasi Operasi Pengetesan Suara dan Pemberian Stempel	79
4.3.2.4.	Evaluasi Operasi Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB.....	82
4.3.2.5.	Evaluasi Operasi Pemasukan Speaker ke OB.....	84
4.3.3.	Rekapitulasi Evaluasi Operasi Bottleneck.....	87
4.4.	Pengolahan Data Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja.....	92
4.4.1.	Waktu Beban Kerja Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja.....	92

4.4.2.	Jumlah Stasiun Kerja Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja....	92
4.4.3.	Performansi Lini Keseimbangan Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja	93
4.5.	Persiapan <i>Line Balancing</i>	93
4.5.1.	Batasan <i>Line Balancing</i>	93
4.5.1.1.	Waktu Siklus	93
4.5.1.2.	Aktivitas Pendahulu	94
4.5.1.3.	Operasi dengan Mesin	96
4.5.1.4.	Jumlah Stasiun Kerja Minimum.....	98
4.6.	Pengolahan Data <i>Line Balancing</i> Metode <i>Largest Candidate Rule</i>	98
4.6.1.	Urutan Operasi Berdasarkan Waktu Operasi	98
4.6.2.	Penempatan Stasiun Kerja dengan Metode LCR.....	100
4.6.3.	Performansi Lini Keseimbangan dengan Metode LCR	102
4.7.	Pengolahan Data <i>Line Balancing</i> Metode <i>Killbridge and Wester</i>	103
4.7.1.	Urutan Operasi Berdasarkan Kolom	103
4.7.2.	Penempatan Stasiun Kerja dengan Metode KWM.....	105
4.7.3.	Performansi Lini Keseimbangan dengan Metode KWM.....	107
4.8.	Pengolahan Data <i>Line Balancing</i> Metode <i>Ranked Positional Weights</i>	109
4.8.1.	Urutan Operasi Berdasarkan RPW.....	109
4.8.2.	Penempatan Stasiun Kerja dengan Metode RPW	111
4.8.3.	Performansi Lini Keseimbangan dengan Metode RPW	113
BAB 5 ANALISIS DAN PERBAIKAN		115
5.1.	Analisis Proses Perakitan <i>Speaker</i>	115
5.2.	Analisis Kondisi Eksisiting	117
5.3.	Analisis Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja	119
5.4.	Analisis <i>Line Balancing</i>	125
5.4.1.	Analisis <i>Line Balancing</i> Metode LCR	127
5.4.2.	Analisis <i>Line Balancing</i> Metode KWM.....	128
5.4.3.	Analisis <i>Line Balancing</i> Metode RPW	131
5.5.	Analisis Alternatif Perbaikan	131
5.5.1.	Biaya Tenaga Kerja.....	132
5.5.2.	Alternatif 0	132
5.5.3.	Alternatif 1	132
5.5.4.	Alternatif 2	134
5.5.5.	Alternatif 3	134
5.5.6.	Alternatif 4	134
5.6.	Analisis <i>Value Engineering</i> Alternatif Perbaikan	135
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		139
6.1.	Kesimpulan.....	139
6.2.	Saran	140
DAFTAR PUSTAKA		141
LAMPIRAN		143
BIOGRAFI PENULIS		147

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Simbol Peta Kerja	20
Tabel 2. 2 Lambang-Lambang <i>Therblig</i>	22
Tabel 2. 3 <i>Gap</i> Penelitian dan Posisi Penelitian	31
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Proses Produksi <i>Speaker</i>	59
Tabel 4. 2 Waktu Produksi <i>Speaker</i> 12in ACR 1230 Black	63
Tabel 4. 3 Waktu Operasi Berdasarkan STS Lini 1A	67
Tabel 4. 4 Waktu Operasi Berdasarkan STS Lini 1B	68
Tabel 4. 5 Elemen Kerja Operasi Penggabungan Magnet + <i>Yoke</i> dan Pemasangan <i>Center yoke</i>	72
Tabel 4. 6 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Penggabungan Magnet + <i>Yoke</i> dan Pemasangan <i>Center yoke</i> Kondisi Awal	72
Tabel 4. 7 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Penggabungan Magnet + <i>Yoke</i> dan Pemasangan <i>Center yoke</i> Kondisi Perbaikan.....	74
Tabel 4. 8 Elemen Kerja Operasi Pemasangan <i>Tinsel Lead</i> dan Pelilitan Kawat <i>Coil</i>	75
Tabel 4. 9 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pemasangan <i>Tinsel Lead</i> dan Pelilitan Kawat <i>Coil</i> Kondisi Awal	76
Tabel 4. 10 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi <i>Tinsel Lead</i> dan Pelilitan Kawat <i>Coil</i> Kondisi Perbaikan	78
Tabel 4. 11 Elemen Kerja Operasi Pengetesan Suara dan Pemberian Stempel	79
Tabel 4. 12 Peta Pekerja dan Mesin Operasi Pengetesan Suara dan Pemberian Stempel Kondisi Eksisting	80
Tabel 4. 13 Peta Pekerja dan Mesin Operasi Pengetesan Suara dan Pemberian Stempel Kondisi Perbaikan	81
Tabel 4. 14 Elemen Kerja Operasi Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB	82
Tabel 4. 15 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB Kondisi Awal.....	82
Tabel 4. 16 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB Kondisi Perbaikan	83

Tabel 4. 17 Elemen Kerja Operasi Pemasukan <i>Speaker</i> ke OB	84
Tabel 4. 18 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pemasukan <i>Speaker</i> ke OB Kondisi Awal.....	85
Tabel 4. 19 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pemasukan <i>Speaker</i> ke OB Kondisi Perbaikan	87
Tabel 4. 20 Rekapitulasi Evaluasi Operasi <i>Bottleneck</i>	88
Tabel 4. 21 Waktu Operasi Lini 1A Setelah Perbaikan Metode Kerja.....	88
Tabel 4. 22 Waktu Operasi Lini 1B Setelah Perbaikan Metode Kerja.....	89
Tabel 4. 23 Presedensi Lini 1A	94
Tabel 4. 24 Presedensi Lini 1B.....	95
Tabel 4. 25 Rekapitulasi Operasi dengan Mesin	96
Tabel 4. 26 Urutan Waktu Operasi Lini 1A	98
Tabel 4. 27 Urutan Waktu Operasi Lini 1B.....	99
Tabel 4. 28 Stasiun Kerja Lini 1A Metode LCR.....	100
Tabel 4. 29 Stasiun Kerja Lini 1B Metode LCR	101
Tabel 4. 30 Urutan Operasi Berdasarkan Kolom Lini 1A.....	103
Tabel 4. 31 Urutan Operasi Berdasarkan Kolom Lini 1B	104
Tabel 4. 32 Stasiun Kerja Lini 1A Metode KWM	105
Tabel 4. 33 Stasiun Kerja Lini 1B Metode KWM.....	106
Tabel 4. 34 Urutan Operasi Berdasarkan RPW Lini 1A	109
Tabel 4. 35 Urutan Operasi Berdasarkan RPW Lini 1B.....	110
Tabel 4. 36 Stasiun Kerja Lini 1A Metode RPW	111
Tabel 4. 37 Stasiun Kerja Lini 1B Metode RPW	112
Tabel 5. 1 <i>Value Engineering</i> Alternatif Perbaikan Lini 1A.....	137
Tabel 5. 2 <i>Value Engineering</i> Alternatif Perbaikan Lini 1B	137

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Jumlah Produksi <i>Speaker</i> pada Lini Perakitan 1 Selama Bulan Januari- Oktober 2018.....	2
Gambar 1. 2 Ilustrasi <i>Speaker</i> Tipex 12in ACR-1230 BLACK	3
Gambar 2. 1 Tampilan Penampang <i>Speaker</i>	10
Gambar 3. 1 Metodologi Penelitian	33
Gambar 4. 1 Pengelangan Terminal	42
Gambar 4. 2 Pengeleman Magnet	43
Gambar 4. 3 Pengeleman Yoke.....	44
Gambar 4. 4 Penggabungan Magnet dan Yoke.....	44
Gambar 4. 5 Pemasangan <i>Center Yoke</i>	45
Gambar 4. 6 Penggabungan Magnet Assembly dan Chasis.....	45
Gambar 4. 7 Pembersihan Debu	46
Gambar 4. 8 Pengeleman Spider.....	47
Gambar 4. 9 Pemasangan Spider	47
Gambar 4. 10 Pemasangan <i>Voice Coil</i> ke <i>Voice Coil Gauge</i>	48
Gambar 4. 11 Pengeleman Conepaper	48
Gambar 4. 12 Pemasangan Conepaper.....	49
Gambar 4. 13 Pengeleman <i>Voice Coil</i> Atas	50
Gambar 4. 14 Pemasangan Gasket.....	50
Gambar 4. 15 Peletakkan <i>Speaker</i> ke Multiplek.....	51
Gambar 4. 16 Pencabutan <i>Voice Coil Gauge</i>	52
Gambar 4. 17 Penyolderan Rivet	53
Gambar 4. 18 Pemotongan Rivet	53
Gambar 4. 19 Pembentukan Sudut Tinsel Lead.....	54
Gambar 4. 20 Penyolderan Terminal	55
Gambar 4. 21 Pemotongan Tinsel Lead.....	55
Gambar 4. 22 Pengeleman <i>Dustcup</i>	56
Gambar 4. 23 Pengeleman Rivet.....	56
Gambar 4. 24 Pemasangan <i>Dustcup</i>	57

Gambar 4. 25 Pemasangan Stiker.....	58
Gambar 4. 26 Perbandingan Waktu Operasi dan Waktu Siklus Lini 1A	70
Gambar 4. 27 Perbandingan Waktu Operasi dan Waktu Siklus Lini 1B	71
Gambar 4. 28 Perbandingan Waktu Operasi dan Waktu Siklus Lini 1A Setelah Perbaikan Metode Kerja.....	90
Gambar 4. 29 Perbandingan Waktu Operasi dan Waktu Siklus Lini 1B Setelah Perbaikan Metode Kerja.....	91
Gambar 4. 30 <i>Precedence Diagram</i> Lini 1A.....	97
Gambar 4. 31 <i>Precedence Diagram</i> Lini 1B.....	97
Gambar 4. 32 Pembagian Kolom Lini 1A	108
Gambar 4. 33 Pembagian Kolom Lini 1B	108
Gambar 5. 1 Ilustrasi Operasi Pemasangan <i>Tinsel Lead</i> dan Pelilitan Kawat <i>Coil</i>	122
Gambar 5. 2 Stasiun Kerja Lini 1A Metode LCR	129
Gambar 5. 3 Stasiun Kerja Lini 1B Metode LCR	129
Gambar 5. 4 Stasiun Kerja Lini 1A Metode KWM.....	130
Gambar 5. 5 Stasiun Kerja Lini 1B Metode KWM.....	130
Gambar 5. 6 Stasiun Kerja Lini 1A Metode RPW	133
Gambar 5. 7 Stasiun Kerja Lini 1B Metode RPW	133

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pendahuluan tugas akhir. Bab ini berisi tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian yang ingin dicapai, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi serta sistematika penulisan laporan yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini.

1.1. Latar Belakang

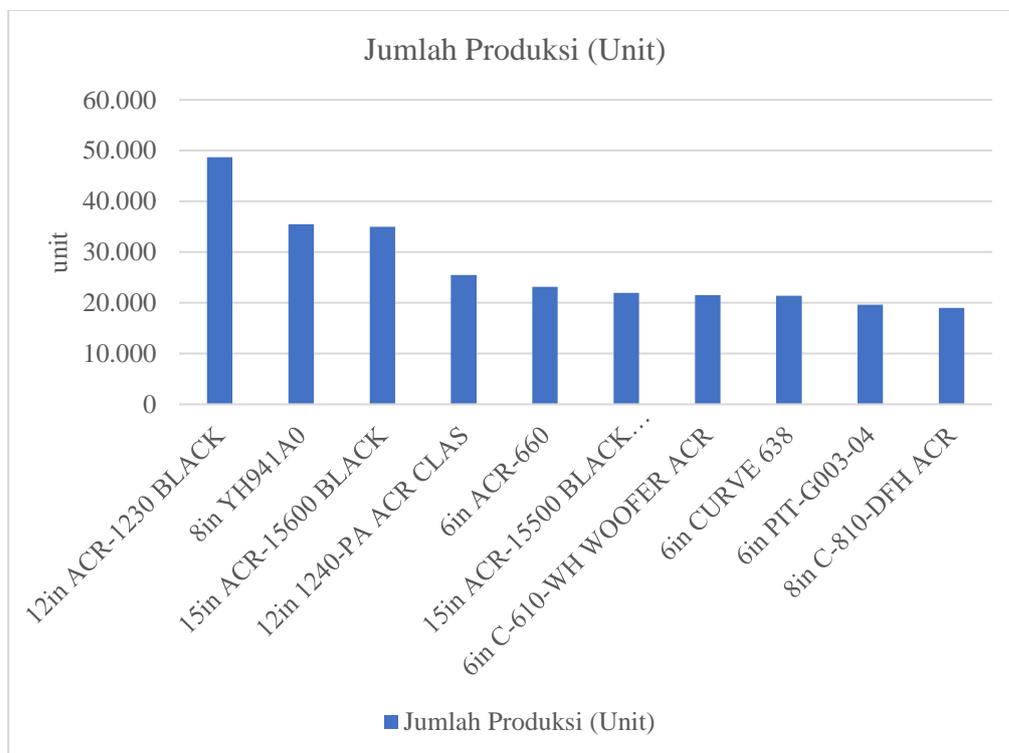
Persaingan di industri manufaktur yang semakin ketat, menuntut perusahaan untuk terus berkembang dan meningkatkan performansi proses produksi yang dilakukan. Performansi proses produksi dapat dilihat dari efisiensi yang dihasilkan. Proses produksi yang efisien memberikan keunggulan tersendiri pada perusahaan dibandingkan dengan kompetitornya. Salah satu indikator proses produksi yang efisien adalah efisiensi keseimbangan lini.

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah Perusahaan *Speaker*. Perusahaan ini melakukan produksi komponen pada penguat suara atau *speaker* seperti *voice coil* dan *chassis* serta melakukan perakitan *speaker* sendiri. Permintaan konsumen terhadap *speaker* sangat beragam dari segi jenis maupun kuantitas. Hingga saat ini terdapat lebih dari 150 varian tipe *speaker* yang diproduksi oleh Perusahaan *Speaker*.

Jenis *speaker* sangat beragam berdasarkan frekuensi, ukuran, fungsi dan target pasar. JAM Industries (2018) mengklasifikasikan *speaker* berdasarkan jangkauan frekuensi yang dihasilkan yaitu *woofer*, *subwoofer*, *full range*, *mid range* dan *tweeter*. Berdasarkan ukuran *speaker* memiliki variasi diameter bagian *speaker* inti sebelum diberi kabinet (*driver*) dari 2 inci, 3 inci, 4 inci, 5 inci, 6 inci, 8 inci, 10 inci, 12 inci, 15 inci hingga 18 inci. Berdasarkan fungsi, *speaker* dibedakan menjadi *general speaker* untuk penggunaan dalam atau luar ruangan dan *automotive speaker* untuk *speaker* pada kendaraan. Berdasarkan target pasar, *speaker* dibedakan menjadi pasar domestik dan pasar ekspor.

Perusahaan *Speaker* memiliki beberapa lini perakitan yang dibagi berdasarkan jenis *speaker* dan target pasar penjualan. Pada lini yang difungsikan untuk merakit *speaker* dengan pasar ekspor, proses perakitan sudah dilakukan dengan mesin yang terotomasi sehingga proses perakitan memiliki performa yang tinggi dibandingkan dengan lini perakitan yang masih dikerjakan secara manual. Lini yang masih dikerjakan secara manual adalah Lini Perakitan 1. Lini ini dikhususkan untuk memproduksi *speaker* tipe *general* yang dipasarkan di dalam negeri sehingga perusahaan memilih untuk tidak menggunakan mesin terotomasi seperti pada lini yang lain. Lini Perakitan 1 dibagi menjadi dua sub lini yaitu Lini 1A dan Lini 1B, di antara kedua lini ini terdapat waktu menunggu untuk pengeringan lem selama 5 jam.

Dari 150 tipe *speaker* yang dihasilkan oleh Perusahaan *Speaker*, terdapat 10 tipe utama yang memiliki jumlah produksi paling banyak di Lini Perakitan 1. 10 tipe *speaker* terbanyak yang diproduksi di Lini Perakitan 1 selama Bulan Januari sampai Oktober 2018 terlihat pada Gambar 1.1 sebagai berikut:



Gambar 1. 1 Jumlah Produksi *Speaker* pada Lini Perakitan 1 Selama Bulan Januari-Oktobet 2018 (Perusahaan *Speaker*, 2018)

Berdasarkan Gambar 1.1 di atas, dapat terlihat bahwa *speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK merupakan produk terbanyak yang diproduksi selama tahun 2018 yaitu sebanyak 48.708 unit. Tipe ini merupakan produk *speaker* model ACR dengan nomor seri 1230 dan berwarna hitam. Produk tipe 12in ACR-1230 BLACK ini merupakan *speaker* jenis *Full Range* yang memiliki jangkauan frekuensi dari 45Hz sampai 17kHz. *Speaker* ini memiliki diameter *driver* sebesar 12 inci dan diameter *voice coil* sebesar 36 mm. Sebagai produk yang paling banyak diproduksi, tipe 12in ACR-1230 BLACK akan dijadikan sebagai objek amatan dalam penelitian ini. Ilustrasi *speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK diperlihatkan oleh Gambar 1.2 sebagai berikut:



Gambar 1. 2 Ilustrasi *Speaker* Tiper 12in ACR-1230 BLACK (Perusahaan *Speaker*, 2018)

Operasi pada Lini Perakitan 1 didominasi oleh pekerjaan secara manual dengan beberapa operasi lain dibantu dengan mesin seperti mesin lem, mesin keling, mesin *charge magnet* dan mesin *sweeper* untuk mengetes suara. Walaupun demikian, mesin yang digunakan masih harus dioperasikan secara penuh oleh operator sehingga lini perakitan 1 sangat bergantung pada pekerjaan yang dilakukan oleh operator. Apabila dibandingkan dengan lini yang lain, Lini Perakitan 1 masih perlu dievaluasi sehingga dapat meningkatkan performansinya dan tidak tertinggal jauh dari lini yang lain.

Berdasarkan hasil observasi, masih ditemukan beberapa permasalahan di performansi Lini Perakitan 1. Hal ini terlihat dari pembagian beban kerja yang kurang merata. Di mana terdapat satu operasi yang sudah selesai namun operasi selanjutnya belum selesai sehingga terjadi operator yang menganggur sedangkan operator yang lain menjadi operasi *bottleneck*. Seperti pada operasi penggabungan magnet ke *yoke* dan pemasangan *center yoke* memiliki waktu operasi lebih panjang daripada operasi yang lain sehingga mengakibatkan *bottleneck*.

Kondisi eksisting yang terjadi pada Lini Perakitan 1 adalah belum ada pembagian beban kerja yang jelas untuk setiap operator. Selama ini, Perusahaan *Speaker* hanya menargetkan untuk mempercepat waktu tiap operasi. Cara yang dilakukan perusahaan untuk mencapai tujuan tersebut adalah dengan menambahkan jumlah operator pada operasi-operasi tertentu. Akibatnya, Perusahaan harus melakukan penambahan biaya produksi dari segi biaya tenaga kerja.

Berdasarkan uraian permasalahan di atas, mengindikasikan adanya permasalahan di Lini Perakitan 1 sehingga harus dilakukan penyeimbangan lini. Perbaikan yang dilakukan tidak hanya dengan *line balancing* seperti pada umumnya namun perbaikan berasal berbagai alternatif yang menggabungkan beberapa metode. Pada operasi yang menjadi *bottleneck*, perlu dilakukan evaluasi metode kerja yang dilakukan menggunakan ekonomi gerakan sehingga operasi kerja yang dilakukan tidak melebihi waktu siklus yang menjadi batasan kapasitas perusahaan. Alternatif yang digunakan untuk mengevaluasi performansi lini perakitan adalah dengan membandingkan metode-metode heuristik yang dapat diterapkan pada kasus *Assembly Line Balancing Type-1* (ALB-1). Metode heuristik dipilih karena proses komputasi yang cepat sehingga cocok digunakan untuk pengambilan keputusan yang bersifat operasional seperti pada rantai produksi dan bersifat fleksibel sehingga dapat disesuaikan dengan keadaan perusahaan (Hackman, *et. al.*, 1989 dalam Kriengkorakot dan Pianthong, 2017). Selanjutnya, setiap alternatif dibandingkan menggunakan *value engineering* dengan parameter yang diperbandingkan adalah performansi dan biaya yang dikeluarkan untuk memilih alternatif terbaik yang dapat diimplementasikan pada setiap sub-lini.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang pada subbab sebelumnya, dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana cara mengevaluasi dan meningkatkan performansi proses produksi pada Lini Perakitan 1 Perusahaan *Speaker* menggunakan *Assembly Line Balancing Type-1* metode heuristik.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi proses produksi *speaker*.
2. Mengevaluasi performansi kondisi eksisting perakitan *speaker*.
3. Mengevaluasi operasi *bottleneck* pada Lini Perakitan 1 Perusahaan *Speaker*.
4. Mengidentifikasi alternatif perbaikan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan performansi Lini Perakitan 1 Perusahaan *Speaker*.
5. Memberikan perancangan lini perakitan yang dapat meningkatkan performansi Lini Perakitan 1 Perusahaan *Speaker*.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah perusahaan mendapatkan pedoman perbaikan rancangan stasiun kerja yang dapat meningkatkan performansi pada Lini Perakitan dan menurunkan biaya produksi.

1.5. Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian terdiri dari batasan dan asumsi yang dijelaskan sebagai berikut:

1.5.1. Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada Lini Perakitan 1 yang terdiri dua sub-lini yaitu Lini 1A dan Lini 1B.

2. Penelitian bersifat *local optimum* untuk produk tipe 12in ACR-1230 BLACK.
3. Biaya yang dibandingkan dalam pemilihan alternatif perbaikan adalah biaya relevan antar alternatif berupa biaya tenaga kerja.
4. Penelitian ini tidak melakukan implementasi perbaikan secara langsung pada Perusahaan *Speaker*.

1.5.2. Asumsi Penelitian

Asumsi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Tidak terjadi perubahan kebijakan perusahaan terkait proses produksi tipe 12in ACR-1230 BLACK.
2. Operator bekerja sesuai prosedur dan dalam kondisi yang normal.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini diuraikan menjadi beberapa bab sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menunjukkan latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah berdasarkan latar belakang, tujuan penelitian yang ingin dicapai, manfaat penelitian yang diharapkan, batasan dan asumsi dalam penelitian serta sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang tinjauan pustaka sebagai studi literatur dari buku, jurnal maupun internet sebagai referensi dalam pengerjaan penelitian. Bab ini berisi teori mengenai *speaker*, *line balancing*, peta kerja, ekonomi gerakan, konsep biaya dan *value engineering*. Pada bab ini juga ditunjukkan *review* penelitian-penelitian terkait dan dilakukan analisa *gap* dan posisi penelitian saat ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menunjukkan alur yang digunakan dalam penelitian yang digunakan yang dibagi menjadi tiga tahap yaitu tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisis dan perbaikan serta tahap kesimpulan dan saran.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini menunjukkan proses pengumpulan data untuk mendukung penelitian. Data yang dikumpulkan merupakan data primer berdasarkan dari pengamatan langsung dan proses *brainstorming* dengan *stakeholder* di Lini Perakitan 1 dan data sekunder yang didapatkan dari data historis Perusahaan *Speaker*. Selanjutnya data diolah untuk mengidentifikasi proses produksi *speaker*, melakukan pengukuran dan mengevaluasi performansi kondisi eksisting serta pengolahan data dengan metode *line balancing*.

BAB V ANALISIS DAN PERBAIKAN

Bab ini menunjukkan proses analisis dan perbaikan. Analisis berfungsi untuk mengetahui kondisi eksisting lini perakitan. Dari hasil analisis, dapat dirumuskan beberapa alternatif perbaikan untuk meningkatkan performansi lini perakitan *speaker*. Selanjutnya, dilakukan perbandingan antar-alternatif untuk mencari alternatif terbaik dengan menggunakan *value engineering*.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran. Penarikan kesimpulan berguna untuk menjawab tujuan yang telah dirumuskan di awal penelitian. Kemudian diberikan saran sebagai rekomendasi untuk penelitian-penelitian di masa yang akan datang.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan tinjauan pustaka yang berisi tentang teori-teori mengenai *speaker*, *line balancing*, peta kerja, ekonomi gerakan, konsep biaya dan *value engineering*. Bab ini juga menguraikan penelitian-penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai referensi utama dan posisi penelitian saat ini.

2.1. *Speaker*

Speaker atau pengeras suara merupakan perangkat elektronik yang dapat mengubah sinyal dari tenaga listrik audio menjadi gelombang suara (Bosch Security Systems, 2012). Pada subbab ini akan dijelaskan konsep *speaker* yang terdiri dari jenis, bagian dan cara kerja *speaker*.

2.1.1. *Jenis Speaker*

Menurut Bosch Security Systems (2012), *speaker* dibedakan menjadi beberapa kategori berdasarkan frekuensi yang dihasilkan, ukuran, dan jumlah *driver* atau bagian inti *speaker* yang berbentuk corong. Berdasarkan frekuensi yang dihasilkan, *speaker* dibedakan menjadi:

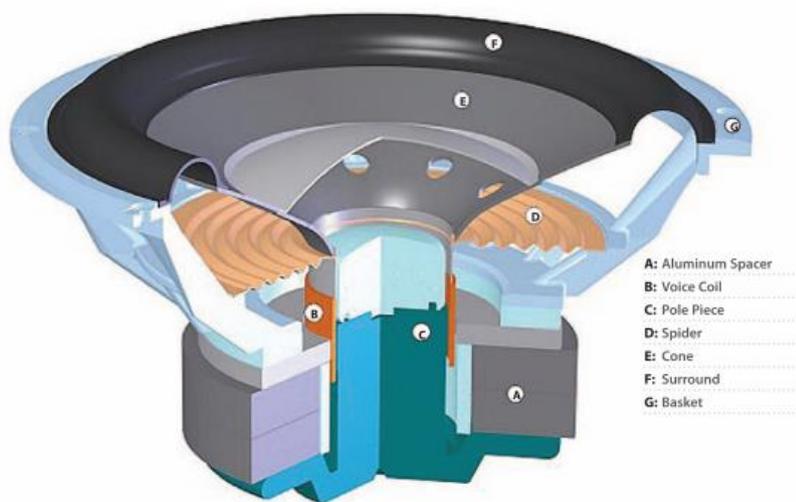
1. *Subwoofer* dengan frekuensi terendah yaitu antara 20Hz hingga 100Hz.
2. *Woofers* dengan frekuensi di atas 40Hz hingga 1kHz.
3. *Mid-range* dengan frekuensi antar 500Hz hingga 4kHz.
4. *High-frequency* atau *Full-range* dengan frekuensi antara 2kHz hingga 20kHz.
5. *Tweeter* dengan frekuensi antara 2kHz hingga 20kHz sama seperti *full-range* tetapi memiliki ukuran yang lebih kecil.
6. *Crossover* yang merupakan gabungan *woofers* yang menghasilkan frekuensi rendah dan *full range* yang menghasilkan frekuensi tinggi.

Berdasarkan ukuran, *speaker* yang diproduksi di Perusahaan *Speaker* memiliki variasi dari 2 inci, 3 inci, 4 inci, 5 inci, 6 inci, 8 inci, 10 inci, 12 inci, 15 inci hingga 18 inci. Berdasarkan jumlah *driver* dalam satu kabinet, *speaker*

dibedakan menjadi *two-way*, *three-way* atau *four-way* (Bosch Security Systems, 2012).

2.1.2. *Bagian dan Cara Kerja Speaker*

Bagian *speaker* ditunjukkan dalam gambar penampang pada Gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2. 1 Tampilan Penampang *Speaker* (JAM Industries, 2018)

Keterangan:

A. *Aluminium spacer*

Bagian *speaker* yang berfungsi sebagai magnet pada *speaker*. *Aluminium spacer* berbentuk lingkaran dengan lubang di tengah seperti donat. Bagian ini mengelilingi *pole piece* untuk membentuk medan magnet.

B. *Voice Coil*

Bagian ini merupakan gabungan dari silinder atau *former* dan kawat tembaga. Silinder berfungsi untuk peletakan *pole piece*. Sedangkan kawat tembaga berfungsi mengelilingi silinder dan mengalirkan aliran listrik. Aliran listrik ini lalu berinteraksi dengan medan magnet dan mengakibatkan *voice coil* bergerak menghasilkan gelombang suara. Sebagian besar kerusakan suara disebabkan oleh ketidaksesuaian *voice coil* dengan standar.

C. *Pole Piece*

Di Indonesia, istilah *pole piece* lebih umum disebut sebagai *yoke*. Bagian *speaker* yang bergabung dengan magnet dan berfungsi menahan *voice coil*. Pada penelitian ini, istilah *pole piece* akan disebutkan dalam nama *yoke*.

D. *Spider*

Spider merupakan bagian *speaker* yang berbentuk seperti jaring laba-laba. Bagian ini berfungsi untuk menahan *voice coil* agar tetap di tempatnya dan dapat bergerak secara *alinear*.

E. *Cone*

Bagian *speaker* yang berfungsi sebagai diafragma dan berbentuk corong. *Cone* bergerak naik dan turun sesuai dan mengubah gerakan tersebut menjadi suara. Pergerakan *cone* di bagian tepi diakibatkan oleh *surround* sedangkan di bagian leher diakibatkan oleh *spider*. Pada umumnya *cone* terbuat dari bahan *polypropylene*.

F. *Surround*

Bagian *speaker* yang mengelilingi bagian luar *cone*. Di Indonesia, istilah *surround* pada *speaker* disebut sebagai *Top-Plate*.

G. *Basket*

Kerangka luar *speaker*. Bentuk *basket* dapat bermacam-macam karena fungsinya yang dapat menambah estetika desain *speaker*. Di Perusahaan *Speaker*, istilah *basket* disebut dengan *Gasket*.

Prinsip kerja pada *woofer* dan *mid-range speaker* dimulai dengan mengalirkan aliran listrik ke *voice coil*. Posisi *voice coil* yang berada di tengah magnet mengakibatkan aliran listrik terkonversi menjadi energi gerak. Gerakan dari *voice coil* ini menggerakkan *cone* sehingga menghasilkan gelombang suara.

2.2. *Line Balancing*

Line Balancing bertujuan untuk meminimalkan *balance delay* atau ketidakefisienan dari suatu lini berdasarkan nilai waktu siklus yang ditetapkan dengan menyeimbangkan kecepatan produksi pada setiap stasiun kerja (Wignjosoebroto, 2006). *Balance Delay* sendiri menunjukkan ketidakefisienan suatu lintasan yang karena tidak terjadi keseimbangan (Stevenson, 2011). Untuk

mendapatkan lini produksi yang efisien dan seimbang dilakukan pengelolaan operasi-operasi produksi sedemikian rupa sehingga waktu pada sebuah stasiun kerja sama atau mendekati waktu siklus.

2.2.1. Tujuan Line Balancing

Gaspersz (2004) menyatakan tujuan dari *line balancing* adalah sebagai berikut :

1. Menyeimbangkan kecepatan tiap proses pada stasiun kerja sehingga setiap stasiun kerja dapat selesai pada waktu yang seimbang. Kecepatan tiap proses merupakan indikator yang dapat menunjukkan beban kerja pada setiap stasiun.
2. Menjaga agar tidak terjadi *delay* atau penundaan dalam lini dan proses produksi dapat berjalan dengan lancar dan terus-menerus.
3. Meningkatkan efisiensi lini perakitan dengan parameter waktu siklus dan jumlah stasiun kerja.

2.2.2. Klasifikasi Line Balancing

Pada sub-subbab ini akan dijelaskan mengenai klasifikasi *line balancing* berdasarkan pendapat para ahli. Klasifikasi *line balancing* adalah sebagai berikut:

1. Menurut Ghosh dan Gagnon (1989) dalam Kriengkorakot dan Pianthong (2015), *line balancing* diklasifikasikan menjadi:
 - a. *Single Model Deterministic (SMD)* merupakan *line balancing* pada lini perakitan *single model* dengan waktu operasi bersifat deterministik atau sudah diketahui.
 - b. *Single Model Stochastic (SMS)* merupakan *line balancing* pada lini perakitan *single model* dengan waktu operasi bersifat stokastik atau nilainya dapat berubah-ubah pada variabilitas tertentu.
 - c. *Multi/Mixed Model Deterministic (MMD)* merupakan *line balancing* pada lini perakitan yang memproduksi lebih dari satu atau campuran dari beberapa produk. *Line balancing* ini lebih kompleks daripada SMD karena mencakup penjadwalan produksi dan *lot sizes* setiap model.

- d. *Multi/Mixed Model Stochastic* (MMS) merupakan *line balancing* yang paling kompleks. Tidak seperti MMD yang memiliki waktu operasi yang telah ditentukan, MMS memiliki waktu operasi yang bersifat stokastik.
2. Scholl dan Becker (2006) mengklasifikasikan *line balancing* sebagai berikut:
- a. *Simple Assembly Line Balancing* (SALB), tipe ini diterapkan pada lini perakitan dengan tipe *single model* yang memiliki batasan operasi pendahulu pada setiap operasinya. Tipe ini dibedakan menjadi:
 - i. SALB – 1 bertujuan untuk meminimalkan jumlah stasiun kerja dengan laju produksi tertentu.
 - ii. SALB – 2 bertujuan untuk memaksimalkan laju produksi dengan jumlah stasiun kerja tertentu.
 - iii. SALB – E bertujuan untuk meminimalkan waktu siklus dan hubungannya dengan stasiun kerja.
 - iv. SALB – F bertujuan untuk mencari kombinasi yang layak dari waktu siklus dan stasiun kerja.
 - b. *General Assembly Line Balancing* (GALB), tipe ini memiliki kompleksitas yang lebih tinggi dari SALB karena menghilangkan asumsi-asumsi yang ada di SALB. Tipe ini diterapkan pada proses produksi yang menggunakan *Multi/Mixed Model*.

2.2.3. Batasan Line Balancing

Pada ALB-1, Scholl dan Becker (2006) menyatakan terdapat beberapa batasan yang digunakan dalam merumuskan *line balancing* yaitu:

1. Waktu setiap stasiun kerja tidak boleh melebihi waktu siklus yang telah ditentukan.
2. Batasan kegiatan pendahulu atau predesesor, di mana suatu operasi hanya dapat dikerjakan setelah operasi pendahulunya selesai dikerjakan.
3. Penggabungan operasi hanya dapat dilakukan selama operasi-operasi tersebut layak digabungkan. Contoh operasi yang tidak layak digabungkan terjadi ketika operasi dikerjakan menggunakan mesin yang tidak dapat berpindah dan perlu dioperasikan operator secara terus-menerus.

2.2.4. Perhitungan Line Balancing

Perhitungan pada *line balancing* adalah sebagai berikut:

2.2.4.1. Waktu Beban Kerja

Waktu Beban Kerja (T_{wc}) adalah jumlah total waktu untuk semua operasi kerja yang harus dijalankan untuk memproduksi satu unit kerja. Heizer dan Render (2009) merumuskan waktu beban kerja dengan Persamaan 2.1 sebagai berikut:

$$T_{wc} = \sum_{i=1}^k T_{ek} \quad (2.1)$$

Dengan:

T_{wc} = Waktu Beban Kerja (detik)

k = Jumlah Elemen Kerja (1, 2, 3, ...,k)

T_{ek} = Waktu Elemen Kerja (detik)

Waktu beban kerja menunjukkan waktu untuk satu stasiun. Waktu elemen kerja merupakan waktu yang dibutuhkan operator untuk menyelesaikan satu aktivitas kerja. Kumpulan elemen kerja akan menjadi satu operasi kerja. Selanjutnya operasi-operasi kerja ini dikelompokkan menjadi satu stasiun kerja.

2.2.4.2. Laju Produksi (R_p)

Groover (2005) merumuskan laju produksi sesuai pada Persamaan 2.2 sebagai berikut:

$$R_p = \frac{D_a}{52 \times S_w \times H_{sw}} \text{ unit/jam} \quad (2.2)$$

Dengan

R_p = Laju produksi (unit/jam)

D_a = *Demand Annual* (unit)

S_w = Jumlah *Shift*/Minggu

H_{sw} = Jumlah jam/*shift* (jam)

Berdasarkan Persamaan 2.2, laju produksi dapat dimodifikasi dengan perhitungan permintaan dan waktu produksi tersedia per hari sebagaimana dijelaskan pada Persamaan 2.3 sebagai berikut:

$$R_p = \frac{\text{Rata-rata Permintaan Harian}}{\text{Waktu Produksi Tersedia per Hari}} \text{ unit/jam} \quad (2.3)$$

2.2.4.3. Waktu Siklus (T_c)

Waktu siklus didapatkan dari perbandingan waktu yang tersedia dengan perbandingan antara waktu produksi per hari yang tersedia dengan permintaan dalam satu hari dan dikalikan dengan efisiensi lini. Groover (2005) menyatakan waktu siklus dalam Persamaan 2.4 sebagai berikut:

$$T_c = \frac{3600xE}{R_p} \text{ detik} \quad (2.4)$$

Dengan:

T_c = Waktu Siklus (detik)

R_p = Laju produksi (unit/jam)

E = Efisiensi Lini Perakitan (%)

2.2.4.1. Jumlah Stasiun Kerja Minimum (w^*)

Jumlah minimum teoritis dari stasiun kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan unit kerja dihitung berdasarkan perbandingan antara waktu beban kerja dan waktu siklus. Groover (2005) menyatakan perhitungan jumlah stasiun kerja minimum dengan Persamaan 2.5 sebagai berikut:

$$w^* = \text{Minimum Integer} \geq \frac{T_{wc}}{T_c} \quad (2.5)$$

Dengan

w^* = Jumlah Stasiun Kerja Minimum

T_{wc} = Waktu Beban Kerja (detik)

T_c = Waktu Siklus (detik)

2.2.4.2. *Performansi Line Balancing*

Stevenson (2011) menyatakan parameter yang digunakan untuk mengukur *line balancing* adalah persentase waktu *idle* atau disebut sebagai *Balance Delay*. Definisi *Balance Delay* sendiri adalah ukuran yang menunjukkan ketidakefisien lini yang diakibatkan oleh ketidakseimbangan waktu antar stasiun kerja. Semakin tinggi nilai *Balance Delay*, lini semakin tidak seimbang, sehingga lini yang baik harus memiliki nilai *Balance Delay* yang rendah.

Perhitungan *Balance Delay* ditunjukkan oleh Persamaan 2.6 sebagai berikut:

$$BD = \left(\frac{(M \times T_{CA}) - T_{WC}}{M \times (T_{CA})} \right) \times 100\% \quad (2.6)$$

Dengan:

BD = *Balance Delay* (%)

M = Jumlah Stasiun Kerja dalam 1 Lini

T_{CA} = Waktu Siklus Aktual yang Ditunjukkan dengan Waktu Stasiun Terbesar dalam 1 Lini (detik).

T_{WC} = Total Waktu Beban Kerja dalam 1 Lini (detik)

Dikarenakan *Balance Delay* menunjukkan ukuran persentase ketidakefisienan, maka persentase efisiensi lini keseimbangan dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.7 sebagai berikut:

$$BE = 1 - BD \quad (2.7)$$

Dengan:

BE = *Balance Efficiency* (Efisiensi Lini Keseimbangan) (%)

Efisiensi lini keseimbangan menunjukkan tingkat efisiensi stasiun kerja rata-rata pada suatu lini perakitan. Semakin mendekati waktu siklus, efisiensi suatu lini semakin baik. Efisiensi lini dihitung dari persentase dari perbandingan total waktu proses setiap *task* dengan total waktu siklus aktual yang merupakan waktu stasiun terbesar. Groover (2005) merumuskan efisiensi lini keseimbangan yang ditunjukkan dengan Persamaan 2.8 sebagai berikut:

$$BE = \left(\frac{T_{WC}}{M \times (T_{AC})} \right) \times 100\% \quad (2.8)$$

Persamaan 2.6 dan 2.8 merupakan dua persamaan yang dapat digunakan untuk mengukur performansi *line balancing*. Kedua persamaan ini saling berlawanan. Persamaan 2.6 digunakan untuk melihat seberapa besar masalah keseimbangan di suatu lini, sedangkan Persamaan 2.8 menunjukkan seberapa baik keseimbangan suatu lini. Maka dari itu, efisiensi lini keseimbangan lebih cocok digunakan untuk perhitungan yang berorientasi positif yang dalam penelitian dijadikan sebagai ukuran performansi yang akan dihitung dalam *Value Engineering*.

2.2.5. Metode Line Balancing

Pada umumnya terdapat dua jenis metode yang dapat digunakan untuk *line balancing* yaitu metode eksak dan metode heuristik. Metode eksak dilakukan dengan menggunakan perhitungan secara matematis. Kelebihan dari metode ini adalah hasil yang optimal. Kekurangannya adalah waktu perhitungan yang lama sehingga kurang cocok untuk pengambilan keputusan secara operasional dan tidak dapat diterapkan pada kasus-kasus tertentu. Sedangkan pada metode heuristik, hasil yang didapatkan mendekati optimal sehingga masih dapat diterima untuk pengambilan keputusan. Heuristik tidak memiliki formula khusus seperti pada metode eksak sehingga dapat diterapkan pada kasus-kasus yang bersifat *NP – Hard* atau berbasis permasalahan seperti pada ALB – 1 (Hackman, *et. al.*, 1989 dalam Kriengkorakot dan Pianthong, 2015). Selain itu, metode heuristik membutuhkan waktu komputasi yang lebih cepat sehingga cocok digunakan untuk pengambilan

keputusan yang bersifat operasional seperti pada lantai produksi. Terdapat beberapa metode heuristik yang dapat diterapkan pada SMD *Line Balancing* yaitu sebagai berikut:

2.2.5.1. *Largest Candidate Rule*

Largest Candidate Rule (LCR) merupakan salah satu metode *line balancing* yang paling sederhana dengan menggunakan pendekatan penyeimbangan lini produksi berdasarkan waktu operasi terpanjang akan diprioritaskan penempatannya dalam stasiun kerja (Panchal, *et.al.*, 2017). Prinsip dasarnya adalah menggabungkan proses-proses atas dasar pengurutan operasi dari waktu proses terbesar. Sebelum dilakukan penggabungan operasi, harus ditentukan berapa waktu siklus yang menjadi target. Adapun langkah-langkah dalam menggunakan metode LCR sebagai berikut:

1. Mengurutkan semua operasi yang memiliki waktu paling besar hingga waktu yang paling kecil.
2. Operasi pada stasiun kerja pertama diambil dari urutan yang paling atas. Operasi pindah ke stasiun kerja berikutnya, apabila jumlah operasi telah melebihi waktu siklus.
3. Melanjutkan langkah kedua, hingga semua operasi telah berada dalam stasiun kerja dan memenuhi waktu siklus.

2.2.5.2. *Kilbridge and Wester Method*

Kilbridge and Wester Method (KWM) ditemukan oleh Kilbridge dan Wester pada Tahun 1961. Metode ini merupakan metode heuristik yang memperbaiki kekurangan yang dimiliki metode LCR dengan mempertimbangkan posisi operasi berdasarkan *precedence diagram* (Panchal, *et.al.*, 2017). Adapun langkah-langkah dalam menggunakan metode KWM adalah sebagai berikut :

1. Menggambarkan *precedence diagram* yang menunjukkan urutan operasi dan mengelompokkan operasi ke dalam kolom secara vertikal.
2. Membuat daftar operasi dan lokasi kolom, apabila operasi menempati lebih dari satu kolom maka semua kolom harus ditulis.
3. Mengurutkan operasi berdasarkan kolom.

4. Operasi pada stasiun kerja pertama diambil dari urutan yang paling atas. Operasi pindah ke stasiun kerja berikutnya, apabila jumlah operasi telah melebihi waktu siklus.
5. Melanjutkan langkah kedua, hingga semua operasi telah berada dalam stasiun kerja dan memenuhi waktu siklus.

2.2.5.3. *Ranked Positional Weights*

Metode *Ranked Positional Weights* (RPW) ditemukan oleh Helgeson dan Birnie pada Tahun 1961. Metode ini mengkombinasikan Metode LCR dan KWM. RPW mempertimbangkan waktu dan posisi pada *precedence diagram* (Panchal, *et.al.*, 2017). Adapun langkah-langkah dalam menggunakan metode RPW sebagai berikut :

1. Menghitung bobot setiap operasi dengan menjumlahkan waktu operasi milik operasi tersebut dengan operasi yang mengikutinya.
2. Mengurutkan operasi berdasarkan nilai bobot dari yang terbesar sampai terkecil.
3. Operasi pada stasiun kerja pertama diambil dari urutan yang paling atas. Operasi pindah ke stasiun kerja berikutnya, apabila jumlah operasi telah melebihi waktu siklus.
4. Melanjutkan langkah kedua, hingga semua operasi telah berada dalam stasiun kerja dan memenuhi waktu siklus.

2.3. **Peta Kerja**

Pada subbab ini akan dijelaskan tiga jenis peta kerja yaitu Peta Proses Operasi untuk menggambarkan keseluruhan operasi pada lini perakitan *speaker*, Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan untuk menggambarkan operasi yang dikerjakan dengan proses manual dan Peta Pekerja Mesin untuk menggambarkan operasi yang dikerjakan dengan mesin. Pada penelitian ini Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan dan Peta Pekerja Mesin digunakan untuk memvisualisasikan operasi-operasi yang *bottleneck*.

2.3.1. Peta Proses Operasi

Proses produksi perlu divisualisasikan agar memudahkan proses komunikasi di lini produksi. Penggambaran proses produksi ini ditampilkan dalam peta kerja. Menurut Wignjosoebroto (2006), peta kerja atau *process chart* merupakan diagram yang menggambarkan proses kerja dari awal sampai akhir secara sistematis. Untuk memudahkan pembaca memahami isi peta kerja, perlu digunakan simbol-simbol khusus. Berdasarkan *American Society of Mechanical Engineers (ASME)* dalam Wignjosoebroto (2006), terdapat beberapa simbol standar yang digunakan pada peta kerja yang ditunjukkan dengan Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2. 1 Simbol Peta Kerja

SIMBOL	NAMA PROSES	KETERANGAN
	Operasi	Proses operasi terjadi ketika material mengalami bertransformasi baik secara fisik maupun kimiawi. Proses ini juga menggambarkan kegiatan perakitan.
	Transportasi	Proses ini menggambarkan perpindahan material atau operator di luar proses operasi.
	Inspeksi	Proses ini menggambarkan proses pemeriksaan produk secara kuantitatif maupun kualitatif.
	Menunggu	Proses ini menggambarkan kondisi ketika material, produk, operator atau fasilitas kerja tidak melakukan kegiatan apapun selain menunggu untuk proses berikutnya.
	Penyimpanan	Proses ini menggambarkan kondisi ketika objek disimpan dalam jangka waktu yang cukup lama.

Sumber: Wignjosoebroto, 2006

Salah satu peta kerja yang sering digunakan adalah *Operation Process Chart* atau Peta Proses Operasi. Peta ini merupakan salah satu contoh peta kerja keseluruhan yang menggambarkan sebagian besar atau seluruh fasilitas kerja yang digunakan pada proses produksi. Peta Proses Operasi menggambarkan proses

operasi secara rinci mulai dari bahan baku sampai produk akhir yang berisi tentang nama proses, waktu yang dibutuhkan untuk satu operasi, material atau komponen yang diproses dan mesin yang digunakan. Kelebihan yang dimiliki Peta Proses Operasi antara lain dapat menggambarkan keseluruhan proses secara terperinci, kebutuhan bahan baku, mesin-mesin yang digunakan, pola aliran material dan alternatif perbaikan prosedur kerja (Wignjosoebroto, 2006).

Langkah-langkah yang digunakan dalam pembuatan Peta Proses Operasi menurut Wignjosoebroto (2006) adalah sebagai berikut:

1. Menentukan tujuan peta untuk menggambarkan aliran material atau aliran operator.
2. Menuliskan judul peta proses operasi.
3. Penempatan simbol *ASME* secara vertikal secara berurutan sesuai dengan proses produksi dari atas ke bawah. Dengan penempatan produk yang memerlukan proses operasi paling banyak diletakkan pada garis vertikal paling kanan.
4. Penomoran setiap kegiatan operasi dengan format O – N dengan N adalah nomor urut proses operasi.
5. Penomoran setiap kegiatan inspeksi dengan format I – N dengan N adalah nomor urut proses inspeksi.

2.3.2. *Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan*

Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan merupakan suatu alat dari studi gerakan untuk menentukan gerakan-gerakan yang efisien (Wignjosoebroto, 2006). Gerakan yang efisien adalah gerakan-gerakan yang memang diperlukan untuk melaksanakan suatu pekerjaan. Peta ini bertujuan untuk:

1. Mengembangkan gerakan kedua tangan dan mengurangi kelelahan.
2. Menghilangkan atau mengurangi gerakan-gerakan yang tidak efisien dan tidak produktif sehingga dapat mempersingkat waktu kerja.
3. Menganalisis letak-letak stasiun kerja.
4. Sebagai alat untuk melatih pekerja lain dengan cara ideal.

Langkah-langkah yang digunakan dalam pembuatan Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan menurut Wignjosoebroto (2006) adalah sebagai berikut:

1. Menuliskan judul dan identitas peta yang lain.
2. Membagi peta menjadi dua bagian yaitu elemen kerja yang dilakukan oleh tangan kiri dan elemen kerja yang dilakukan oleh tangan kanan.

Elemen kerja yang biasanya digunakan mengikuti lambang-lambang *Therblig* yang ditunjukkan dengan Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2. 2 Lambang-Lambang *Therblig*

Nama	Lambang	Keterangan
Mencari / <i>Search</i>	SH	Gerakan dasar dari pekerja untuk menemukan lokasi objek.
Memilih / <i>Select</i>	ST	Gerakan untuk menemukan suatu objek yang tercampur, tangan dan mata adalah dua bagian badan yang digunakan untuk melakukan gerakan ini.
Memegang / <i>Grasp</i>	G	Gerakan untuk memegang objek, biasanya didahului oleh gerakan menjangkau dan dilanjutkan oleh gerakan membawa.
Menjangkau / <i>Reach</i>	RE	Gerakan tangan berpindah tempat tanpa beban, baik gerakan mendekati maupun menjauhi objek.
Membawa / <i>Move</i>	M	Gerakan berpindah tempat, hanya dalam gerakan ini tangan dalam keadaan dibebani.
Memegang untuk memakai / <i>Hold</i>	H	Memegang tanpa menggerakkan objek yang dipegang.
Melepas / <i>Released Load</i>	RL	Melepaskan objek yang dipegangnya.
Pengarahan / <i>Position</i>	P	Gerakan mengarahkan suatu objek pada suatu lokasi tertentu.
Pengarahan sementara / <i>Pre Position</i>	PP	Elemen gerak mengarahkan pada suatu tempat sementara, yang bertujuan untuk memudahkan pemegangan bila objek tersebut akan dipakai kembali.
Memeriksa / <i>Inspection</i>	I	Memeriksa objek untuk mengetahui apakah objek telah memenuhi syarat-syarat tertentu.
Merakit / <i>Assemble</i>	A	Gerakan untuk menggabungkan satu objek dengan objek lain sehingga menjadi satu kesatuan.
Lepas rakit / <i>Disassemble</i>	DA	Gerakan memisahkan dua bagian objek dari satu kesatuan. Gerakan memisahkan dua bagian objek dari satu kesatuan.

Sumber: Satalaksana, 1979

Tabel 2. 2 Lambang-Lambang *Therblig* (Lanjutan)

Nama	Lambang	Keterangan
Memakai / <i>Use</i>	U	Satu tangan atau kedua-duanya dipakai untuk menggunakan alat.
Kelambatan yang tak terhindarkan / <i>Unavoidable Delay</i>	UD	Kelambatan yang diakibatkan oleh hal-hal yang terjadi di luar kemampuan pengendalian pekerja.
Kelambatan yang dapat dihindarkan / <i>Avoidable Delay</i>	AD	Kelambatan yang disebabkan oleh hal-hal yang ditimbulkan sepanjang waktu kerja oleh pekerja itu sendiri, baik disengaja maupun yang tidak disengaja.
Merencana / <i>Plan</i>	PN	Proses mental, operator berpikir untuk menentukan tindakan yang akan diambil selanjutnya.
Istirahat untuk menghilangkan fatigue / <i>Rest to overcome fatigue</i>	R	Waktu untuk memulihkan lagi kondisi badan yang lelah sebagai akibat kerja berbeda-beda, tidak saja karena jenis pekerjaannya tetapi juga oleh individu itu sendiri.

Sumber: Satalaksana, 1979

2.3.3. Peta Pekerja Mesin

Menurut Wignjosoebroto (2006), peta pekerja mesin merupakan peta kerja setempat yang memvisualisasikan hubungan antara siklus kerja pekerja dengan siklus operasi dari mesin yang dioperasikan oleh pekerja tersebut. Hubungan ini dilihat berdasarkan waktu kerja. Hubungan yang mungkin terjadi antara lain operator bekerja – mesin menganggur, operator menganggur – mesin bekerja, keduanya bekerja atau keduanya menganggur.

Langkah-langkah pembuatan Peta Pekerja Mesin menurut Wignjosoebroto (2006) adalah sebagai berikut:

1. Menuliskan identitas peta.
2. Menguraikan elemen kerja yang digambarkan dengan garis berskala.

3. Lambang pada garis berskala ini terbagi menjadi garis penuh untuk mesin dan operator beroperasi, garis putus-putus untuk mesin menganggur, tidak ada garis untuk operator yang menganggur.

2.4. Ekonomi Gerakan

Ekonomi gerakan menurut Wignjosoebroto (2006) adalah prinsip yang digunakan untuk menganalisis gerakan-gerakan kerja setempat yang terjadi dalam sebuah proses kerja atau kegiatan kerja yang berlangsung secara menyeluruh dari satu proses ke proses kerja yang lainnya. Ekonomi gerakan digunakan untuk memperbaiki metode kerja pada operasi-operasi yang menjadi *bottleneck*.

Wignjosoebroto (2006) mengklasifikasikan prinsip ini menjadi tiga yaitu:

1. Prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan badan atau penggunaan anggota tubuh manusia:
 - a. Manusia memiliki keterbatasan dalam melaksanakan gerakan kerja.
 - b. Bila mungkin kedua tangan harus memulai dan menyelesaikan gerakannya dalam waktu yang bersamaan.
 - c. Kedua tangan sebaiknya tidak menganggur pada saat yang sama kecuali pada waktu istirahat.
 - d. Gerakan tangan akan lebih mudah jika simetris dan berlawanan arah.
 - e. Gerakan tangan atau badan sebaiknya dihemat.
 - f. Hindari gerakan yang menyebabkan perubahan arah.
 - g. Gerak mata terbatas pada satu bidang tanpa perlu mengubah fokus.
2. Prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan tempat kerja berlangsung:
 - a. Tempat-tempat yang tetap harus disediakan untuk semua alat dan bahan.
 - b. Letakkan bahan dan peralatan pada jarak yang dapat dengan mudah dan nyaman dicapai pekerja.
 - c. Tata letak fasilitas kerja sebaiknya diatur sedemikian rupa sehingga dapat membentuk kondisi kerja yang baik.

- d. Bahan-bahan dan peralatan sebaiknya ditempatkan teratur sedemikian rupa sehingga gerakan-gerakan dapat dilakukan dengan urutan terbaik.
 - e. Tinggi tempat kerja harus sesuai dengan ukuran tubuh manusia sehingga pekerja dapat melaksanakan kegiatannya dengan mudah dan nyaman.
 - f. Kondisi ruangan pekerja harus diperhatikan sehingga dapat diperoleh area kerja yang lebih baik.
 - g. Penyimpanan bahan atau komponen yang akan dikerjakan selalu tersedia di tempat yang dekat untuk diambil.
 - h. Sebaiknya untuk menyalurkan obyek yang sudah selesai dirancang dengan menggunakan mekanisme yang baik.
 - i. Tinggi tempat kerja dan kursi sebaiknya sedemikian rupa, sehingga berdiri atau duduk dalam menghadapi pekerjaan merupakan suatu hal yang menyenangkan.
 - j. Tipe tinggi kursi harus dirancang sedemikian rupa sehingga yang mendudukinya memiliki postur yang baik dan nyaman.
3. Prinsip ekonomi gerakan dihubungkan dengan desain peralatan kerja yang dipergunakan:
- a. Kurangi sebanyak mungkin pekerjaan manual, apabila hal tersebut dapat dilaksanakan dengan peralatan kerja.
 - b. Usahakan menggunakan peralatan kerja yang dapat melaksanakan berbagai macam pekerjaan sekaligus.
 - c. Siapkan dan letakan semua peralatan kerja pada posisi tepat dan cepat untuk memudahkan pemakaian atau pengambilan pada saat diperlukan.
 - d. Penggunaan perkakas pembantu berupa *jig* dan *fixture* atau alat-alat yang digerakkan dengan kaki ditingkatkan.
 - e. Sebaiknya peralatan dirancang sedemikian rupa, agar mempunyai lebih dari satu kegunaan.
 - f. Peralatan sebaiknya dipasang sedemikian rupa, sehingga memudahkan dalam pemegangan dan penyimpanan.

- g. Pendistribusian beban disesuaikan dengan kekuatan jari-tangan ataupun kaki.
- h. Roda tangan, palang dan peralatan yang sejenis dengan itu sebaiknya diatur sedemikian rupa, sehingga badan dapat melayaninya dengan posisi yang baik dan dengan tenaga yang minimum.
- i. Sebaiknya tangan dapat dibebaskan dari semua pekerjaan bila penggunaan dari perkakas pembantu atau alat yang dapat digerakkan dengan kaki dapat ditingkatkan.

2.5. Konsep Biaya

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai konsep biaya yang meliputi biaya produksi dan biaya relevan.

2.5.1. Biaya Produksi

Biaya produksi merupakan biaya-biaya yang dikeluarkan perusahaan untuk mengolah bahan baku menjadi produk yang bisa dijual. Menurut Groover (2005) biaya produksi terdiri dari biaya bahan baku langsung, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya *overhead* pabrik. Biaya bahan baku langsung dan biaya tenaga kerja langsung merupakan biaya variabel. Biaya variabel merupakan biaya yang berpengaruh secara langsung pada produk yang dihasilkan. Sedangkan biaya *overhead* merupakan biaya lain produksi di luar biaya bahan baku langsung dan biaya tenaga langsung.

2.5.2. Biaya Relevan

Siregar, *et. al.* (2014) menyatakan bahwa biaya relevan merupakan biaya yang diperhitungkan dalam pengambilan keputusan. Kriteria biaya relevan yaitu:

1. Biaya masa depan yang berarti biaya tersebut belum terjadi.
2. Biaya berbeda antar-alternatif yang menunjukkan bahwa suatu elemen biaya tertentu tidak memiliki jumlah yang sama antara satu alternatif dengan alternatif lainnya. Biaya berbeda ini antar-alternatif disebut juga biaya diferensial.

Langkah untuk mengidentifikasi biaya relevan dalam pengambilan keputusan menurut Siregar, *et. al.* (2014) adalah sebagai berikut ini:

1. Hilangkan biaya yang tidak berbeda di antara berbagai alternatif.
2. Gunakan biaya yang berbeda di antara berbagai alternatif dalam pengambilan keputusan.

Pada penelitian ini, manfaat yang didapatkan tetap karena disesuaikan dengan target produksi yaitu 1.238 unit/hari. Nilai manfaat dapat diabaikan karena tidak memiliki perbedaan dari setiap alternatif. Biaya relevan yang digunakan adalah biaya yang berbeda di antara berbagai alternatif untuk melakukan perbaikan. Biaya inilah yang akan dipertimbangkan untuk pengambilan keputusan alternatif mana yang harus dipilih. Biaya alternatif terpilih merupakan biaya yang paling minimal.

2.6. Value Engineering

Value merupakan suatu ukuran yang menunjukkan tingkat kepuasan suatu organisasi dalam memenuhi kebutuhannya dengan menggunakan sumber daya yang dimiliki (Venkataraman dan Pinto, 2008). Dalam suatu proyek, *value* merupakan salah satu elemen penting yang digunakan dalam pengambilan keputusan pemilihan alternatif terbaik. Venkataraman dan Pinto (2008) menyatakan bahwa konsep pada *value engineering* sendiri sama seperti *cost and benefit ratio* yaitu dengan membandingkan manfaat yang didapatkan dari suatu alternatif dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan perusahaan.

Menurut Dell'Isola (1986), *value engineering* merupakan metode yang digunakan untuk menilai suatu alternatif perbaikan yang direkomendasikan dengan mempertimbangkan biaya dan performansi agar didapatkan alternatif yang paling optimal. *Value* pada kondisi eksisting selalu bernilai 1 karena dijadikan sebagai acuan untuk alternatif yang lain sehingga alternatif perbaikan dapat diterima apabila memiliki *value* lebih besar daripada 1. Semakin tinggi *value* suatu alternatif, semakin besar manfaat yang dihasilkan oleh alternatif tersebut, sehingga alternatif terbaik merupakan alternatif yang memiliki *value* tertinggi.

Dell'Isola (1986) merumuskan langkah perhitungan *Value Engineering* sebagai berikut:

1. Identifikasi Performansi

Pada langkah pertama, dilakukan identifikasi ukuran performansi yang akan digunakan. Performansi menunjukkan nilai manfaat yang akan diterima perusahaan dari suatu alternatif.

2. Identifikasi Biaya

Langkah ini dilakukan dengan mengidentifikasi biaya yang harus dikeluarkan perusahaan apabila memilih suatu alternatif.

3. Perhitungan Manfaat Performansi

Langkah ketiga adalah mengkonversikan manfaat yang dihasilkan oleh performansi ke mata uang yang digunakan pada identifikasi biaya. Perhitungan biaya performansi ditunjukkan dengan Persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$PB_n = \frac{P_n}{P_o} \times C_o \quad (2.9)$$

Dengan:

PB_n = Manfaat Performansi Alternatif ke-n (Rp)

P_n = Performansi Alternatif ke-n

P_o = Performansi Alternatif ke-0 atau Kondisi Eksisting

C_o = Biaya Performansi Alternatif ke-0 atau Kondisi Eksisting (Rp)

n = Jumlah Alternatif (0, 1, 2, 3, ..., n)

4. Perhitungan *Value*

Langkah yang terakhir adalah menghitung nilai *value* suatu alternatif dengan membandingkan manfaat performansi dari alternatif dengan biaya yang harus dikeluarkan untuk alternatif tersebut. Perhitungan *value* ditunjukkan dengan Persamaan 2.10 sebagai berikut:

$$V_n = \frac{PB_n}{C_n} \quad (2.10)$$

Dengan:

V_n = Value Alternatif ke-n

C_n = Biaya Alternatif ke-n

2.7. Penelitian-Penelitian Terkait dan Posisi Penelitian

Pada subbab ini akan dipaparkan penelitian-penelitian terdahulu yang menjadi referensi dalam pengerjaan penelitian ini dan posisi penelitian saat ini dibandingkan dengan penelitian-penelitian terkait.

2.7.1. Penelitian-Penelitian Terdahulu dan Posisi Penelitian

Penelitian yang dilakukan oleh Mishan dan Tap (2015) bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pada perusahaan makanan. Metode yang digunakan berupa *Line Balancing Largest Candidate Rule*. Pada awalnya, dilakukan pengukuran waktu standar menggunakan *time study* sebelum dilakukan *line balancing*. Penulis juga menerapkan *work improvement* dengan menganalisis operasi yang dikerjakan secara manual dengan menggunakan Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan. Hasil yang didapatkan adalah terjadi peningkatan efisiensi lini keseimbangan sebanyak 45,76% dari 30,76% menjadi 76,52%.

Penelitian yang dilakukan oleh Reddy *et al.* (2018) menunjukkan bahwa penggunaan *line balancing* dapat meningkatkan produktivitas lini perakitan dan mengurangi *bottleneck*. Penelitian ini dilaksanakan di proses perakitan baterai. Proses yang menghasilkan *bottleneck* tertinggi adalah *cast on scrap, post trimming* yang dioperasikan secara manual dan *lug bending station*. Perbedaan hasil perbaikan dan kondisi awal dibandingkan menggunakan nilai *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. Nilai *OEE* pada kondisi awal sebesar 66,6% dengan *availability* sebesar 83,9%, *performance* sebesar 82,8% dan *quality* 98,4%. Perbaikan yang diusulkan adalah penambahan *blower* pada proses *lug bending*, mengganti proses manual di *post trimming* menjadi otomatis dan mendistribusikan beban kerja operator secara merata. Nilai *OEE* hasil perbaikan adalah 80,6% atau naik sebesar 14% dari kondisi awal.

Penelitian Hamza dan Al-manaa (2013) menggunakan objek lini perakitan *gearbox* yang sifatnya masih manual sama seperti pada proses perakitan *speaker* di

Lini Perakitan 1. Pada penelitian waktu operasi diukur menggunakan *time study* untuk kemudian diperbaiki menggunakan *line balancing*. Metode *line balancing* yang digunakan adalah *heuristic line balancing* yang cocok diterapkan untuk kasus *line balancing* tipe 1. Penelitian ini membandingkan efisiensi lini keseimbangan berdasarkan metode *Ranked Positional Weights* (RPW), *Largest Candidate Rule* (LCR) dan *Killbridge and Wester's Method* (KWM). Berdasarkan ketiga metode tersebut, metode RPW memberikan nilai efisiensi yang terbesar yaitu 88,84% dengan 4 stasiun kerja. Penelitian seperti ini juga dilakukan oleh Panchal, et. (2017).

Metode *Line Balancing* seringkali dikombinasikan dengan *work improvement*. Pada penelitian yang dilakukan oleh Kulkarni (2015), metode yang digunakan adalah ekonomi gerakan yang bertujuan untuk mereduksi gerakan yang tidak diinginkan pada lini perakitan. Dengan menerapkan ekonomi gerakan, waktu operasi dapat direduksi. Objek yang digunakan pada penelitian ini adalah *actuator* yang dirakit secara manual. Dari penelitian ini didapatkan peningkatan produktivitas dari 20 unit per hari menjadi 30 unit per hari.

2.7.2. *Gap Penelitian dan Posisi Penelitian*

Penelitian ini menggunakan objek penelitian berupa lini perakitan pada Perusahaan *Speaker*. Perusahaan *Speaker* memiliki rata-rata permintaan sebanyak 1.238 unit per hari untuk produk tipe 12in ACR-1230 BLACK yang merupakan produk yang paling banyak diproduksi selama Tahun 2018. Waktu siklus produksi yang ditargetkan sesuai dengan permintaan harian dan waktu produksi yang dimiliki perusahaan. Untuk mencapai target ini, perlu dilakukan penyeimbangan lini perakitan agar waktu proses masing-masing stasiun kerja sama dengan atau mendekati waktu siklus yang ditargetkan. Alternatif yang dapat dilakukan antara lain memperbaiki proses kerja menggunakan prinsip ekonomi gerakan dan melakukan pengaturan penempatan stasiun kerja menggunakan *line balancing*. Untuk memilih alternatif terbaik, dilakukan analisis biaya dengan membandingkan biaya relevan pada setiap alternatif dan performansi alternatif berdasarkan efisiensi lini keseimbangan yang dihasilkan menggunakan metode *value engineering*.

Gap penelitian terdahulu dan posisi penelitian saat ini ditunjukkan oleh Tabel 2.3 sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Gap Penelitian dan Posisi Penelitian

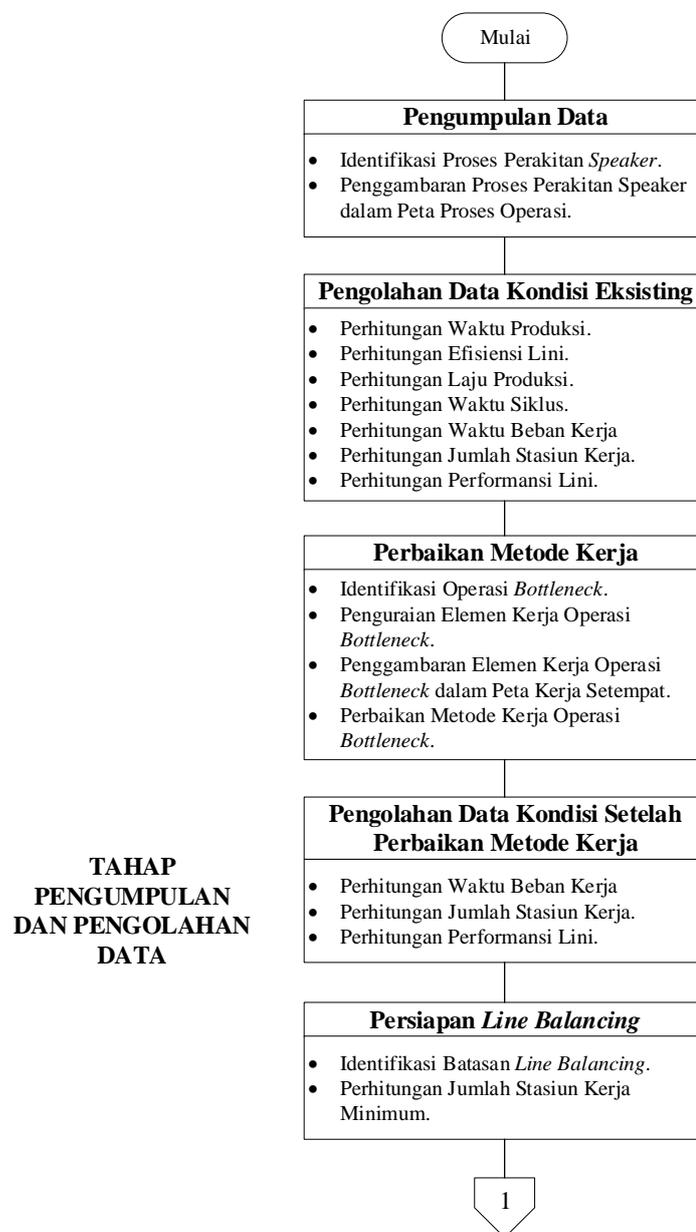
NO	PENULIS (TAHUN)	JUDUL	TIPE LINE BALANCING	METODE								
				TIME STUDY	WORK IMPROVEMENT	LCR	KWM	RPW	LAYOUT DESIGN	OEE	COST ANALYZE	VALUE ENGINEERING
1	Mishan dan Tap (2015)	<i>Increasing Line Efficiency By Using Timestudy And Line Balancing In A Food Manufacturing Company</i>	ALB-1	V	V	V					V	
2	Reddy et al. (2018)	<i>Productivity Improvement By Using Line Balancing And Automation Strategies in order To Improve Overall Equipment Effectiveness</i>	ALB-1		V					V		
3	Hamza dan Al- manaa (2013)	<i>Selection Of Balancing Method For Manual Assembly Line Of Two Stages Gearbox</i>	ALB-1	V		V	V		V			
4	Panchal, et. al. (2017)	<i>Methods Of Solving Assembly Line Balancing Problem</i>	ALB-1			V	V	V				
5	Kulkarni (2015)	<i>Productivity Improvement At Assembly</i>	ALB-2	V	V	V	V	V				
EVALUASI DAN PENINGKATAN PERFORMANSI LINI PERAKITAN SPEAKER DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN HEURISTIC LINE BALANCING			ALB-1		V	V	V	V				V

Halaman ini sengaja dikosongkan

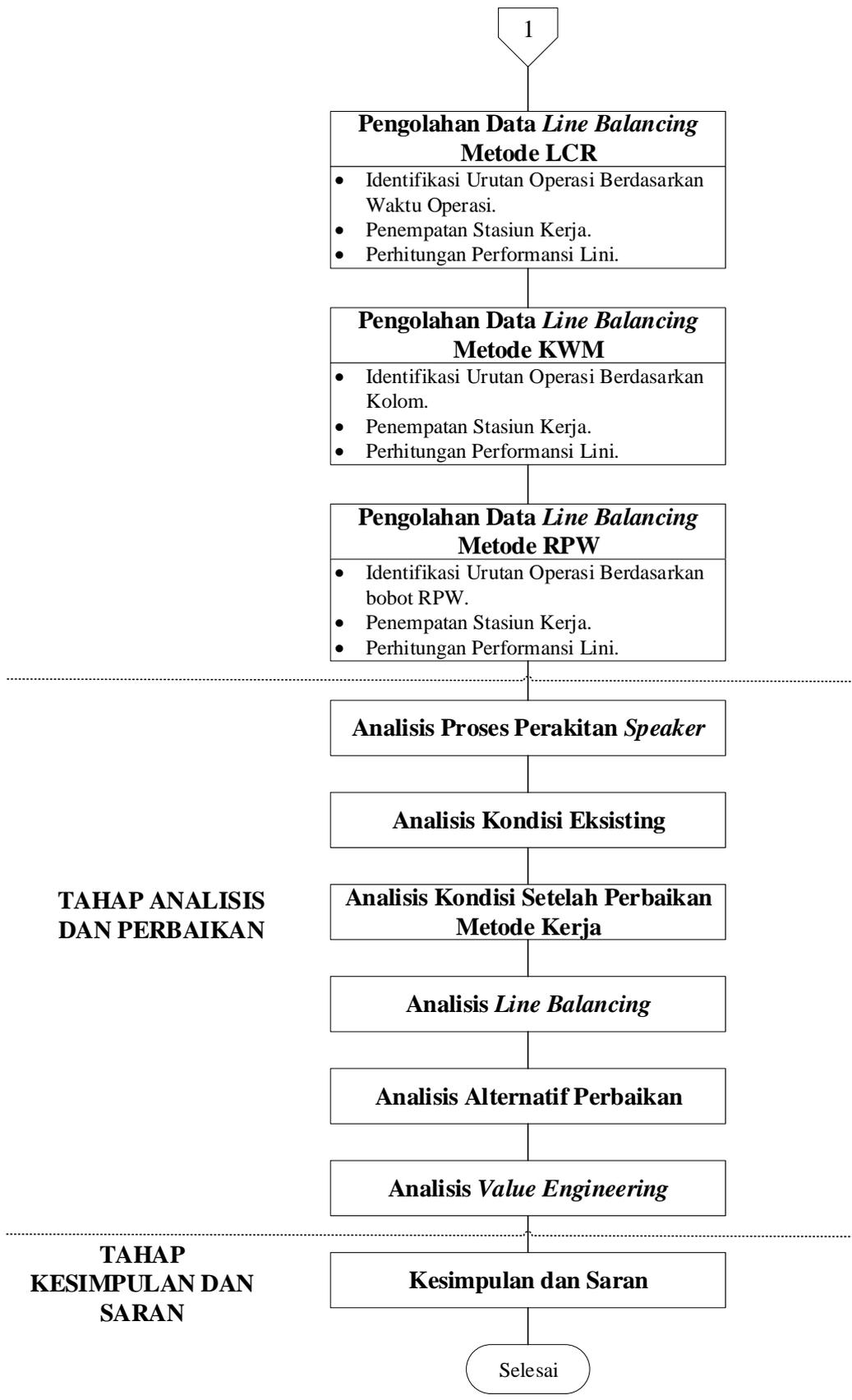
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai metodologi penelitian yang terbagi menjadi tiga tahap yaitu tahap pengumpulan dan pengolahan data, tahap analisis dan perbaikan serta tahap kesimpulan dan saran. Metodologi penelitian ditunjukkan dengan Gambar 3.1 sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Metodologi Penelitian



Gambar 3. 1 Metodologi Penelitian (Lanjutan)

Metodologi penelitian disusun berdasarkan permasalahan yang menjadi objek penelitian. Untuk mendukung penelitian yang dilakukan, dilakukan pula studi literatur dan studi lapangan. Studi literatur berfungsi sebagai tambahan informasi terkait teori dan konsep yang berkaitan dengan penelitian dari buku maupun jurnal. Sedangkan studi lapangan merupakan kegiatan yang dilakukan dengan melakukan pengamatan pada objek penelitian secara langsung.

Berikut adalah tahap-tahap yang dilakukan dalam melaksanakan penelitian:

3.1. Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Tahap ini terdiri dari pengumpulan dan pengolahan data yang dijelaskan sebagai berikut:

3.1.1. Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapatkan dari hasil pengamatan langsung di perusahaan dan *brainstorming* dengan *stakeholder*. Sedangkan data sekunder merupakan data historis yang didapatkan dari perusahaan. Data-data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut:

1. Jumlah *speaker* yang diproduksi.
2. Proses produksi *speaker*.
3. Waktu setiap operasi proses produksi *speaker*.
4. Elemen kerja pada stasiun kerja kritis.
5. Mesin, *tool* dan jumlah operator pada setiap operasi.

Proses dalam pengumpulan data adalah sebagai berikut:

1. Identifikasi Proses Perakitan *Speaker*

Pada tahap ini dilakukan identifikasi proses perakitan *speaker*. Tahap ini terdiri dari penjelasan perakitan *speaker*, alokasi operator, mesin, *tools*, *jig* dan *fixture*.

2. Penggambaran Proses Perakitan *Speaker* dalam Peta Proses Operasi

Penggambaran proses perakitan *speaker* dengan menggunakan Peta Proses Operasi untuk mengetahui keseluruhan proses perakitan *speaker*.

3.1.2. Pengolahan Data Kondisi Eksisting

Data yang telah dikumpulkan pada tahap sebelumnya akan diolah melalui beberapa tahap. Pengolahan data yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Waktu Produksi *Speaker*

Identifikasi waktu produksi *speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK dalam satu hari kerja. Waktu produksi berasal waktu kerja dalam sehari dikurangi dengan waktu *briefing*, istirahat, pengeringan lem dan waktu yang terbuang untuk kegiatan *setup*, *changover* atau *housekeeping*.

2. Efisiensi Lini

Pada tahap ini dilakukan perhitungan efisiensi kondisi eksisting dengan membandingkan waktu produksi dengan waktu produksi tersedia. Efisiensi lini dihitung dengan membandingkan waktu yang tersedia dengan waktu produksi dalam satu hari (Wignjosoebroto, 2009). Sehingga perhitungan efisiensi lini untuk kondisi eksisting ditunjukkan dengan Persamaan 3.1 sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Lini} = \frac{\text{Waktu Produksi}}{\text{Waktu Produksi Tersedia}} \times 100\% \quad (3.1)$$

3. Laju Produksi

Pada tahap ini dilakukan perhitungan laju produksi dengan mempertimbangkan permintaan harian dan waktu produksi. Perhitungan laju produksi menggunakan rumus pada Persamaan 2.3

4. Waktu Siklus

Pada tahap ini dilakukan perhitungan waktu siklus dengan mempertimbangkan efisiensi dan laju produksi. Perhitungan waktu siklus menggunakan rumus pada Persamaan 2.4.

5. Perhitungan Kondisi Eksisting

Pada tahap ini dilakukan perhitungan kondisi eksisting yang meliputi waktu beban kerja, jumlah stasiun dan performansi lini keseimbangan kondisi awal.

3.1.3. Perbaikan Metode Kerja

Pada tahap ini diperlihatkan perbandingan waktu siklus dengan waktu operasi yang digambarkan dalam grafik. Dari proses ini, didapatkan operasi-operasi yang bersifat *bottleneck* sehingga perlu dievaluasi agar waktu operasi dapat mendekati atau kurang dari waktu siklus.

Operasi *bottleneck* akan diuraikan menurut elemen kerja penyusunnya dan digambarkan dalam peta kerja setempat baik berupa Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan maupun Peta Pekerja Mesin. Evaluasi pada operasi *bottleneck* dilakukan dengan melakukan perbaikan metode kerja dengan menggunakan prinsip ekonomi gerakan. Hal ini yang membedakan penelitian ini dengan *line balancing* pada umumnya, karena operasi yang *bottleneck* tidak dihilangkan terlebih dahulu sehingga waktu siklus aktual yang didapatkan dari waktu stasiun terbesar tidak melebihi waktu siklus yang telah ditargetkan perusahaan.

3.1.4. Pengolahan Data Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data kondisi setelah perbaikan metode kerja. Perhitungan yang dilakukan meliputi waktu beban kerja, jumlah stasiun dan performansi lini keseimbangan. Hasil perbaikan metode kerja dijadikan sebagai Alternatif Perbaikan 1.

3.1.5. Persiapan Line Balancing

Pada umumnya, ukuran yang digunakan dalam *line balancing* adalah *Balance Delay* yang menunjukkan persentase waktu *idle* pada lini, di mana semakin besar nilai *Balance Delay* menunjukkan lini yang semakin tidak efisien. Namun pada penelitian ini, ukuran yang digunakan untuk mengevaluasi *line balancing* adalah efisiensi lini keseimbangan yang nilainya berkebalikan dengan *Balance Delay*. Semakin besar nilai efisiensi lini keseimbangan, performansi lini semakin tinggi karena lini semakin seimbang.

Penelitian ini lebih memilih menggunakan efisiensi lini keseimbangan agar dapat diimplementasikan dalam perhitungan *value engineering* untuk memilih alternatif terbaik. Pada *value engineering*, parameter yang digunakan adalah performansi dan biaya. Untuk parameter performansi, nilai yang dimasukkan harus

menunjukkan tingkat keberhasilan lini yang ditunjukkan dengan nilai efisiensi lini keseimbangan.

Sebelum dilakukan *line balancing*, terdapat batasan-batasan yang harus dipenuhi dalam penyusunan *line balancing*. Batasan-batasan tersebut antara lain waktu stasiun tidak boleh melebihi waktu siklus yang telah ditargetkan, aktivitas pendahulu dan operasi-operasi yang menggunakan mesin tidak dapat digabungkan dengan operasi lain. Selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah stasiun kerja minimum yang dihasilkan dari hasil pembagian total waktu kerja berdasarkan kondisi setelah perbaikan metode kerja dengan waktu siklus menggunakan rumus pada Persamaan 2.5.

3.1.6. *Pengolahan Line Balancing Metode Largest Candidate Rule*

Pada tahap ini dilakukan penyusunan *line balancing* menggunakan metode *Largest Candidate Rule* (LCR). Tahap ini terdiri dari membuat urutan operasi berdasarkan waktu operasi, melakukan penyusunan stasiun kerja dan menghitung performansi lini keseimbangan. Hasil dari pengolahan ini dijadikan sebagai Alternatif Perbaikan 2.

3.1.7. *Pengolahan Line Balancing Metode Killbridge and Wester*

Pada tahap ini dilakukan penyusunan *line balancing* menggunakan metode *Killbridge and Wester* (KWM). Tahap ini terdiri dari membuat kolom sesuai *precedence diagram*, membuat urutan operasi berdasarkan urutan kolom, melakukan penyusunan stasiun kerja dan menghitung performansi lini keseimbangan. Hasil dari pengolahan ini dijadikan sebagai Alternatif Perbaikan 3.

3.1.8. *Pengolahan Line Balancing Metode Ranked Positional Weights*

Pada tahap ini dilakukan penyusunan *line balancing* menggunakan metode *Ranked Positional Weights* (RPW). Tahap ini terdiri dari menghitung bobot setiap operasi, membuat urutan operasi berdasarkan besar bobot, melakukan penyusunan stasiun kerja dan menghitung performansi lini keseimbangan. Hasil dari pengolahan ini dijadikan sebagai Alternatif Perbaikan 4.

3.2. Tahap Analisis dan Perbaikan

Tahap ini terdiri dari analisis hasil dan interpretasi hasil serta pemilihan alternatif perbaikan.

3.2.1. Analisis Proses Perakitan Speaker

Tahap ini berisi analisis proses perakitan *speaker* berdasarkan pengolahan data pada bab sebelumnya.

3.2.2. Analisis Kondisi Eksisting

Tahap ini berisi analisis hasil pengolahan data pada kondisi eksisting perakitan *speaker* sebelum dilakukan perbaikan atau disebut sebagai Alternatif 0.

3.2.3. Analisis Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja

Tahap ini berisi analisis kondisi perakitan *speaker* setelah dilakukan perbaikan menggunakan ekonomi gerakan pada operasi-operasi yang mengalami *bottleneck*.

3.2.4. Analisis Line Balancing

Tahap ini berisi analisis kondisi perbaikan menggunakan tiga metode *heuristic line balancing* yaitu *Largest Candidate Rule*, *Killbridge and Wester* dan *Ranked Positional Weights*.

3.2.5. Analisis Alternatif Perbaikan

Tahap ini berisi analisis alternatif perbaikan yang berisi rekapitulasi performansi dan biaya setiap alternatif.

3.2.6. Analisis Value Engineering

Perhitungan *value engineering* pada penelitian ini tidak seperti perhitungan *value engineering* pada umumnya. Hal ini dikarenakan *value engineering* digunakan untuk memilih alternatif dari perbaikan dengan metode *line balancing*. Parameter performansi yang digunakan dalam penelitian ini adalah efisiensi lini keseimbangan sedangkan parameter biaya hanya dibatasi pada biaya

tenaga kerja, sehingga perhitungan *Value Engineering* untuk penelitian ini perlu dimodifikasi terlebih dahulu. Perhitungan manfaat performansi (PB_n) hasil modifikasi ditunjukkan dengan Persamaan 3.2 sebagai berikut:

$$PB_n = \frac{BE_n}{BE_o} \times CL_o \quad (3.2)$$

Dengan:

PB_n = Manfaat Performansi Alternatif ke-n (Rp)

BE_n = Efisiensi Lini Keseimbangan Alternatif ke-n

BE_o = Efisiensi Lini Keseimbangan Alternatif ke-0 atau Kondisi Eksisting

CL_o = Biaya Tenaga Kerja Alternatif ke-0 atau Kondisi Eksisting (Rp)

n = Jumlah Alternatif (0, 1, 2, 3, 4)

Sedangkan perhitungan *value* hasil modifikasi ditunjukkan dengan Persamaan 3.3 sebagai berikut:

$$V_n = \frac{PB_n}{CL_n} \quad (3.3)$$

Dengan:

V_n = *Value* Alternatif ke-n

CL_n = Biaya Tenaga Kerja Alternatif ke-n

3.3. Tahap Kesimpulan dan Saran

Tahap kesimpulan dan saran merupakan tahap terakhir dalam tugas akhir ini. Kesimpulan disusun untuk menjawab tujuan yang ingin dicapai melalui penelitian ini. Sedangkan saran bertujuan untuk memberikan saran perbaikan untuk penelitian yang akan datang.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan dan pengolahan data. Bab ini terdiri dari identifikasi proses perakitan *speaker*, pengolahan data kondisi eksisting, evaluasi kondisi eksisting menggunakan perbaikan metode kerja dan pengolahan data menggunakan metode *line balancing*.

4.1. Identifikasi Proses Perakitan *Speaker*

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai proses perakitan *speaker* pada kondisi eksisting, alokasi mesin, peralatan dan operator pada kondisi eksisting serta penggambaran proses produksi pada Peta Proses Produksi.

*4.1.1. Proses Perakitan *Speaker**

Proses produksi *speaker* pada Lini Perakitan 1 dibedakan menjadi 2 lini kecil yaitu Lini 1A dan Lini 1B. Untuk produk tipe 12in ACR-1230 BLACK, Lini 1A terdiri dari 26 proses dan pada Lini 1B terdiri dari 24 proses. Pada sub-subbab ini ilustrasi yang digunakan didapatkan dari internet karena Perusahaan *Speaker* tidak mengizinkan untuk melakukan pengambilan gambar. Berikut adalah proses perakitan *speaker* pada Lini 1A:

1. Pembersihan *top plate*

Pada proses ini dilakukan pembersihan *top plate* menggunakan alat pembersih yang memiliki sikat yang bergerak secara memutar dan dioperasikan oleh satu orang operator.

2. Persiapan *chassis*

Chassis diambil dari kardus penyimpanan dan disiapkan untuk proses pengelingan. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.

3. Pengelingan *top plate* dan *chassis*

Pengelingan bertujuan untuk menyambungkan bagian *top plate* dan *chassis*. lakukan dengan mesin keling. Proses ini menggunakan mesin keling dan

pisau keling berdiameter 75 mm dan *stopper* untuk penahan dengan diameter 37,4 mm. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.

4. Pengelangan terminal

Pengelangan terminal menggunakan mesin keling dengan paku keling tipe D dan *stopper* tipe C. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.1 sebagai berikut:



Gambar 4. 1 Pengelangan Terminal (Scanviclvan, 2009)

5. Pembersihan sisa kelingan

Pembersihan sisa kelingan bertujuan untuk menghindari adanya serpihan logam yang masuk ke *speaker* yang dapat mengakibatkan kerusakan suara jenis *ironchip*. Pembersihan sisa kelingan menggunakan *vacuum gun* yang dioperasikan oleh operator. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.

6. Pembersihan magnet dan pelepasan sekat

Magnet dibersihkan terlebih dahulu sebelum diproses untuk menghilangkan kotoran atau serpihan magnet. Proses pembersihan magnet dilakukan dengan bantuan sikat. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.

7. Pembersihan *yoke*

Pembersihan *yoke* dilakukan dengan kanebo yang dibasahi dengan air dan diganti setiap 4 unit sekali. Tujuan dari proses ini adalah untuk menghilangkan kotoran yang menempel ke *yoke*. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.

8. Pengeleman magnet dan *yoke*

Pengeleman dilakukan dengan mesin lem jenis *single plastic* dan lem khusus jenis AB yang harus dicek kekentalannya setiap satu jam sekali. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



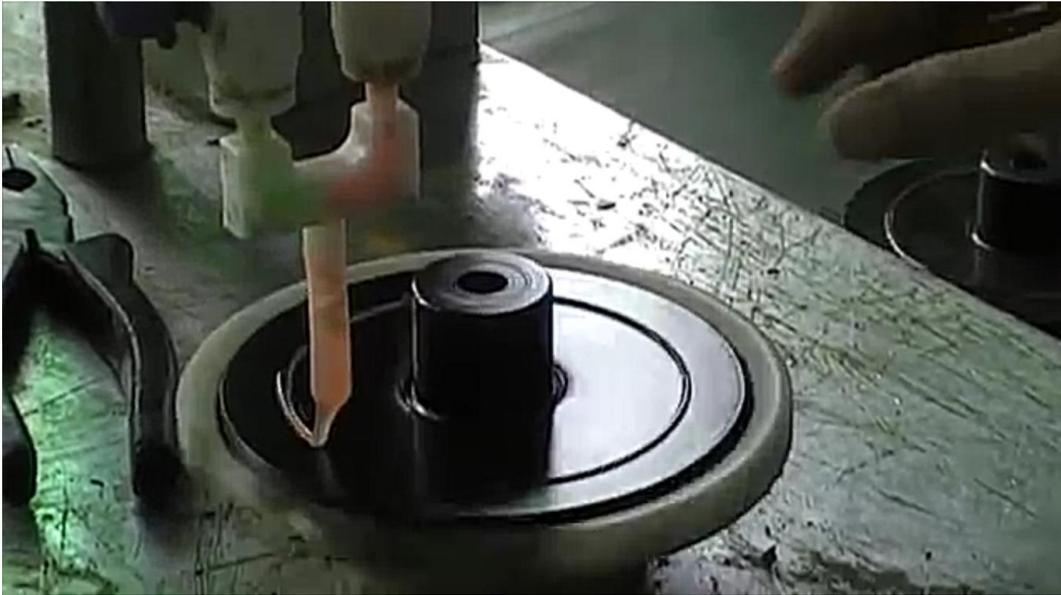
Gambar 4. 2 Pengeleman Magnet (Scanviclvan, 2009)

9. Penggabungan magnet + *yoke* dan pemasangan *center yoke*

Proses ini dilakukan secara manual. Pemasangan *center yoke* berfungsi untuk mencegah *yoke* bergeser. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.

10. Pengeleman *top plate* dan *chassis assembly*

Pengeleman dilakukan secara manual dengan *hand glue* dan lem khusus jenis *strongbond* yang harus dicek kekentalannya setiap satu jam sekali. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.



Gambar 4. 3 Pengeleman Yoke (Scanviclvan, 2009)



Gambar 4. 4 Penggabungan Magnet dan Yoke (Scanviclvan, 2009)

11. Penggabungan magnet *assembly* dan *chassis assembly*

Proses ini dilakukan secara manual dan bertujuan untuk menggabungkan magnet dan *chassis*. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4. 5 Pemasangan *Center yoke* (Scanviclvan, 2009)



Gambar 4. 6 Penggabungan Magnet Assembly dan Chassis (Scanviclvan, 2009)

12. Pembersihan debu dan pencabutan *center yoke*

Pembersihan debu dilakukan secara manual dengan menggunakan *vacuum gun*. *Center yoke* sudah tidak diperlukan lagi karena *yoke* sudah dalam posisi yang stabil setelah dirakit dengan *chassis*. Operasi ini dikerjakan oleh dua orang operator yang bekerja secara paralel. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4. 7 Pembersihan Debu (Scanviclvan, 2009)

13. Pembersihan dengan *absorber*

Pembersihan dilakukan dengan mesin *absorber* dengan corong jenis E. Proses ini bertujuan untuk membersihkan bagian dalam magnet sebelum ditutup dengan bagian lain. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.

14. Pengeleman *spider* bawah dan pecahan keling

Pengeleman kedua komponen ini dilakukan secara bersamaan dengan satu mesin. Pengeleman dilakukan dengan mesin lem jenis *single plastic* dan *single besi* yang dilengkapi dengan kuas. Bagian *spider* dilem dengan lem jenis WB sedangkan bagian pecahan keling dilem menggunakan lem jenis *Impact*. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.8.

15. Pemasangan *spider* dan *voice coil* ke *chassis*

Spider yang telah diberi lem digabungkan dengan *voice coil* untuk dipasang ke *chassis* yang sudah dirakit. Proses ini dilakukan secara manual. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.9.

16. Pemasangan *voice coil* ke *voice coil gauge*

Voice coil gauge berbentuk seperti botol yang berfungsi untuk mengatur posisi *voice coil*. Operasi ini dikerjakan oleh dua orang operator yang bekerja secara. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.10.



Gambar 4. 8 Pengeleman Spider (Scanviclvan, 2009)



Gambar 4. 9 Pemasangan Spider (Scanviclvan, 2009)

17. Pengeleman *conepaper* dan *voice coil* bawah

Pengeleman kedua komponen ini dilakukan secara bersamaan dengan satu mesin jenis *single plastic*. Lem untuk *conepaper* berjenis WB sedangkan lem untuk *voice coil* berjenis K. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4. 10 Pemasangan Voice Coil ke Voice Coil Gauge (Scanviclvan, 2009)



Gambar 4. 11 Pengeleman Conepaper (Scanviclvan, 2009)

18. Persiapan *conepaper*

Conepaper yang sudah dilem dipersiapkan untuk proses selanjutnya. Persiapan yang dilakukan meliputi pengecekan terhadap kontur *conepaper* dan memastikan tidak ada bagian yang terlipat atau penyok. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.

19. Pemasangan *conepaper*

Conepaper dipasangkan ke hasil rakitan proses sebelumnya. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.12 sebagai berikut:



Gambar 4. 12 Pemasangan Conepaper (Scanviclvan, 2009)

20. Pengeleman *voice coil* atas dan gasket

Pengeleman menggunakan mesin lem jenis *single plastic*. *Voice coil* dilem menggunakan lem jenis K sedangkan gasket dilem menggunakan lem jenis WB. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.13.

21. Persiapan gasket

Gasket yang sudah dilem dipersiapkan untuk proses selanjutnya. Persiapan yang dilakukan meliputi pengecekan terhadap kontur gasket dan memastikan tidak ada bagian yang terlipat atau penyok. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.

22. Pemasangan gasket

Gasket dipasang ke hasil rakitan proses sebelumnya. Operasi ini dikerjakan oleh tiga orang operator yang bekerja secara paralel. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 13 Pengeleman *Voice Coil* Atas (Scanviclvan, 2009)



Gambar 4. 14 Pemasangan Gasket (Scanviclvan, 2009)

23. Pelepasan kawat *voice coil*

Pada proses ini dilakukan pelepasan kawat yang ada pada *voice coil*. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.

24. Pemasangan mal gasket

Mal gasket merupakan bagian yang berfungsi untuk menjepit gasket atau sebagai *jig* agar gasket tidak berpindah posisi. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.

25. Peletakan *speaker* ke *multiplek*

Speaker yang sudah dirakit dipindahkan ke tumpukan *multiplek* yang diletakkan di area sekitar lini produksi. Operasi ini dikerjakan oleh dua orang operator yang bekerja secara paralel. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.15 sebagai berikut:



Gambar 4. 15 Peletakkan Speaker ke Multiplek (Scanviclvan, 2009)

26. Pengeringan

Proses terakhir adalah pengeringan untuk menunggu lem kering sebelumnya melanjutkan proses perakitan ke Lini 1B. Waktu untuk operasi ini adalah 5 jam. Selama menunggu pengeringan, Lini 1A akan digunakan untuk proses perakitan *speaker* tipe lain sehingga operasi ini tidak diperhitungkan untuk melakukan *line balancing* tipe 12in ACR-1230 BLACK.

Proses perakitan pada Lini 1B adalah sebagai berikut:

1. Peletakan *speaker* pada konveyor, pencabutan *voice coil gauge* dan pembentukan

Speaker yang sudah kering dipindahkan ke konveyor dan dilanjutkan dengan pencabutan *voice coil gauge* menggunakan tang. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.16 sebagai berikut:



Gambar 4. 16 Pencabutan *Voice Coil Gauge* (Scanviclvan, 2009)

2. Pemasangan *tinsel lead* dan pelilitan kawat *coil*

Proses ini dilakukan pemasangan *tinsel lead* dari *conepaper* atas ke terminal *speaker* dan pelilitan kawat *coil* pada *tinsel lead* menggunakan pinset. Operasi ini dikerjakan oleh empat orang operator yang bekerja secara paralel.

3. Penyolderan *rivet*

Pada proses ini dilakukan penyolderan *rivet* menggunakan solder digital dan *leadfree* berukuran 1 mm. Operasi ini dikerjakan oleh dua orang operator yang bekerja secara paralel. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.17 sebagai berikut:



Gambar 4. 17 Penyolderan Rivet (Scanviclvan, 2009)

4. Pemotongan *rivet*

Sisa *rivet* yang sudah disolder dipotong menggunakan tang potong. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.18 sebagai berikut:



Gambar 4. 18 Pemotongan Rivet (Scanviclvan, 2009)

5. Pembentukan sudut *tinsel lead*

Pembentukan sudut *tinsel lead* menggunakan bantuan *jig* kawat agar didapatkan sudut yang akurat. Operasi ini dikerjakan oleh dua orang operator yang bekerja secara paralel. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.19 sebagai berikut:



Gambar 4. 19 Pembentukan Sudut Tinsel Lead (Scanviclvan, 2009)

6. Penyolderan terminal

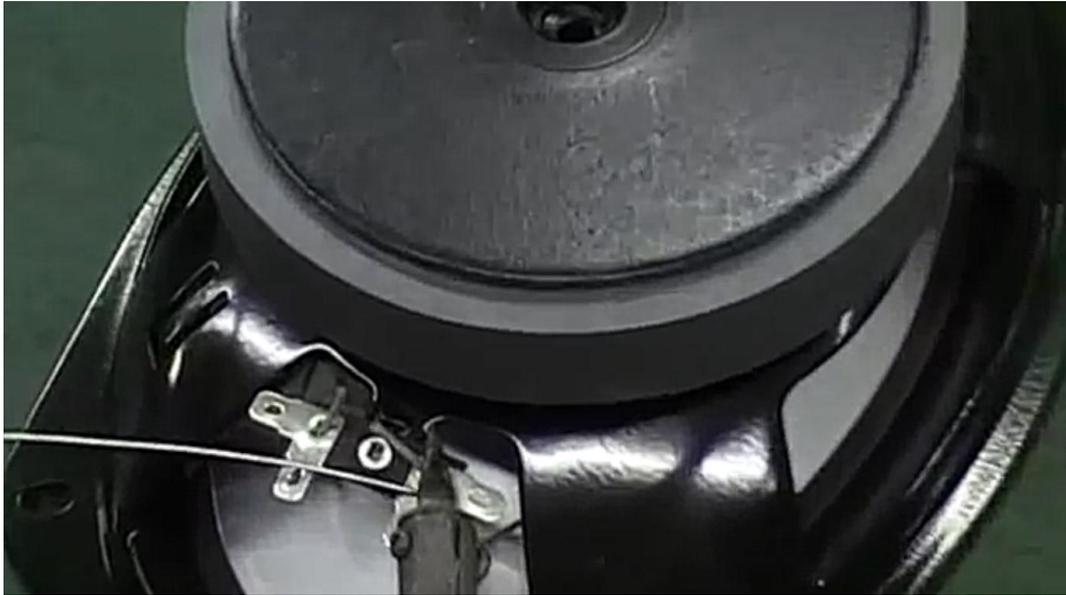
Pada proses ini dilakukan penyolderan terminal menggunakan solder digital dan *leadfree* berukuran 1,6 mm. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.20.

7. Pemotongan *tinsel lead* dan *drop speaker*

Sisa *tinsel lead* yang sudah disolder dipotong menggunakan tang potong. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.21.

8. Pengeleman *dustcup*

Dustcup diberi lem menggunakan mesin lem jenis *single plastic* dan lem jenis B. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.22.



Gambar 4. 20 Penyolderan Terminal (Scanviclvan, 2009)



Gambar 4. 21 Pemotongan Tinsel Lead (Scanviclvan, 2009)

9. Pengeleman *rivet*

Rivet yang telah disolder dilem dengan lem jenis B menggunakan *hand glue*. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.23.



Gambar 4. 22 Pengeleman *Dustcup* (Scanviclvan, 2009)



Gambar 4. 23 Pengeleman Rivet (Scanviclvan, 2009)

10. Pemasangan *dustcup*

Dustcup yang telah dilem dipasang ke bagian *speaker* yang lain. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.24.



Gambar 4. 24 Pemasangan *Dustcup* (Scanviclvan, 2009)

11. Peletakan *speaker* ke *multiplek*
Speaker dipindahkan ke *multiplek* untuk dipersiapkan ke proses selanjutnya. Operasi ini dikerjakan oleh dua orang operator yang bekerja secara paralel.
12. Pengeringan di rel konveyor
Speaker dikeringkan di rel konveyor menggunakan mesin *blower*. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.
13. Persiapan *charge* magnet
Proses ini mempersiapkan proses pengisian daya ke magnet *speaker*. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.
14. *Charge* magnet
Pada proses ini dilakukan pengisian daya ke magnet *speaker* menggunakan mesin *magnetizer*. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.
15. Pengetesan suara dan pemberian stempel
Speaker yang sudah diisi daya, dites kesesuaian suaranya menggunakan *sweeper test*. *Speaker* yang sudah sesuai diberi stempel lolos tes suara. Proses ini dilakukan dalam ruangan tertutup. Operasi ini dikerjakan oleh tiga orang operator.

16. Pemasangan stiker

Pada proses ini dilakukan pemasangan stiker pada *speaker* untuk mempercantik tampilan *speaker*. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator. Ilustrasi operasi ini ditunjukkan pada Gambar 4.25 sebagai berikut:



Gambar 4. 25 Pemasangan Stiker (Scanviclvan, 2009)

17. Pembungkusan *speaker* dengan plastik

Speaker dimasukkan pada kemasan plastik. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.

18. Pembuatan IB / *Gift Box*

IB merupakan singkatan dari *In Box* atau kemasan dalam. Pada proses ini dilakukan pembuatan kemasan kardus bagian dalam dengan menggunakan isolasi. Operasi ini dikerjakan oleh dua orang operator.

19. Pemasukan *speaker* ke IB

Speaker dimasukkan ke dalam IB. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.

20. Penekukan manual, pemberian manual karakter dan *screw gasket*

Proses ini merupakan kelanjutan dari proses sebelumnya untuk memastikan posisi *speaker* di dalam IB sudah sesuai. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.

21. Pengisolasian IB
Kemasan IB ditutup menggunakan isolasi dengan rapat agar tidak terjadi kerusakan pada *speaker*. Operasi ini dikerjakan oleh satu orang operator.
22. Pembuatan dan pemasangan stiker OB
OB merupakan singkatan dari *Out Box* atau kemasan luar. Pada proses ini dilakukan pembuatan kemasan kardus bagian luar dengan menggunakan isolasi. Operasi ini dikerjakan oleh dua orang operator.
23. Pemasukan *speaker* ke OB
Speaker dimasukkan ke dalam OB. Operasi ini dikerjakan oleh dua orang operator.
24. *Packing* dan stempel OB
Kemasan OB ditutup menggunakan isolasi dan diberi stempel berisi keterangan produk dan tipe. Operasi ini dikerjakan oleh dua orang operator yang bekerja secara paralel.

4.1.2. Alokasi Operator, Mesin, Tools, Jig dan Fixture

Alokasi operator, mesin, *tools*, *jig* dan *fixture* pada lini perakitan *speaker* ditunjukkan pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Proses Produksi *Speaker*

No. Operasi	Operasi Kerja	Jumlah Operator	Mesin	Tools, Jig & Fixtures	Waktu Operasi (Detik)
O-1	Pembersihan <i>top plate</i>	1		Pembersih <i>top plate</i>	4,40
O-2	Persiapan <i>chassis</i>	1			3,00
O-3	Pengelingan <i>top plate</i> dan <i>chassis</i>	1	Mesin Keling	Pisau Keling Ø75, Stopper Ø37,4	3,80
O-4	Pengelingan terminal	1	Mesin Keling	Paku D, Stopper C	4,10
O-5	Pembersihan sisa kelingan	1		<i>Vacuum Gun</i>	4,37
O-6	Pembersihan magnet dan pelepasan sekat	1		Sikat	2,50
O-7	Pembersihan <i>yoke</i>	1		Kanebo	2,50

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Proses Produksi *Speaker* (Lanjutan)

No. Operasi	Operasi Kerja	Jumlah Operator	Mesin	Tools, Jig & Fixtures	Waktu Operasi (Detik)
O-8	Pengeleman magnet dan <i>yoke</i>	1	Mesin Lem	Jarum <i>Single</i>	3,81
O-9	Penggabungan magnet + <i>yoke</i> dan Pemasangan <i>center yoke</i>	1			11,45
O-10	Pengeleman <i>top plate</i> dan <i>chassis assembly</i>	1		<i>Hand Glue, Single Besi 18</i>	3,39
O-11	Penggabungan magnet <i>assembly</i> dan <i>chassis assembly</i>	1			3,40
O-12	Pembersihan debu dan Pencabutan <i>center yoke</i>	2		<i>Vacuum Gun</i>	3,78
O-13	Pembersihan dengan <i>absorber</i>	1		<i>Absorber, Corong E, Nozzle</i>	4,49
O-14	Pengeleman <i>spider</i> bawah dan pecahan keling	1	Mesin lem	Jarum <i>Double</i>	3,39
O-15	Pemasangan <i>spider</i> dan <i>voice coil</i> ke <i>chassis</i>	1			2,50
O-16	Pemasangan <i>voice coil</i> ke <i>voice coil gauge</i>	2		<i>Voice Coil Gauge (VCG)</i>	2,29
O-17	Pengeleman <i>conepaper</i> dan <i>voice coil</i> bawah	1	Mesin Lem	Jarum <i>Double</i>	4,30
O-18	Persiapan <i>conepaper</i>	1			4,32
O-19	Pemasangan <i>conepaper</i>	1			4,43
O-20	Pengeleman <i>voice coil</i> atas dan gasket	1	Mesin Lem	Jarum <i>Double</i>	3,70
O-21	Persiapan gasket	1			4,43
O-22	Pemasangan gasket	3			1,04
O-23	Pelepasan kawat <i>voice coil</i>	1			5,50
O-24	Pemasangan mal gasket	1		Mal Gasket	4,60
O-25	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	2			2,18

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Proses Produksi *Speaker* (Lanjutan)

No. Operasi	Operasi Kerja	Jumlah Operator	Mesin	Tools, Jig & Fixtures	Waktu Operasi (Detik)
O-26	Peletakan <i>speaker</i> pada konveyor dan pencabutan <i>voice coil gauge</i>	1		Tang	6,48
O-27	Pemasangan <i>tinsel lead</i> dan pelilitan kawat <i>coil</i>	4		Pinset	6,10
O-28	Penyolderan <i>rivet</i>	2		Solder Digital; Leadfree 1mm	1,72
O-29	Pemotongan <i>rivet</i>	1		Tang Potong	3,50
O-30	Pembentukan sudut <i>tinsel lead</i>	2		Jig Kawat	1,71
O-31	Penyolderan terminal	1		Solder Digital; Leadfree 1.6mm	3,39
O-32	Pemotongan <i>tinsel lead</i> dan drop <i>speaker</i>	1		Tang Potong	3,50
O-33	Pengeleman <i>dustcup</i>	1	Mesin Lem	Jarum Double	4,20
O-34	Pengeleman <i>rivet</i>	1		Hand Glue	4,13
O-35	Pemasangan <i>dustcup</i>	1			4,00
O-36	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	2			1,89
O-37	Pengeringan di rel konveyor	1		Blower	0,67
O-38	Persiapan <i>charge magnet</i>	1			4,30
O-39	<i>Charge magnet</i>	1	Magnetizer		4,30
I-1	Pengetesan suara dan pemberian stempel	3	Sweeper Test		4,13
O-40	Pemasangan stiker	1			3,79
O-41	Pembungkusan <i>speaker</i> dengan plastik	1			4,36
O-42	Pembuatan IB / Gift Box	2		Dispenser; Isolasi	1,91
O-43	Pemasukan <i>speaker</i> ke IB	1			4,30

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Proses Produksi *Speaker* (Lanjutan)

No. Operasi	Operasi Kerja	Jumlah Operator	Mesin	Tools, Jig & Fixtures	Waktu Operasi (Detik)
O-44	Penekukan manual, pemberian manual karakter dan <i>screw gasket</i>	1			3,20
O-45	Pengisolasian IB	1		Dispenser; Isolasi	3,97
O-46	Pembuatan dan pemasangan stiker OB	2			4,35
O-47	Pemasukan <i>speaker</i> ke OB	2			4,50
O-48	<i>Packing</i> dan stempel OB	2		Dispenser; Isolasi	2,00

4.1.3. Peta Proses Operasi

Peta Proses Operasi bertujuan untuk memvisualisasikan proses yang ada pada Lini Perakitan *Speaker*. Peta Proses Operasi ditunjukkan pada Lampiran 2.

4.2. Pengolahan Data Kondisi Eksisting

Pada subbab ini akan dilakukan pengolahan data kondisi eksisting serta pengukuran performansi kondisi eksisting. Subbab ini terdiri dari perhitungan waktu produksi *speaker*, efisiensi lini perakitan *speaker*, laju produksi, waktu siklus, perhitungan pada kondisi eksisting dan perhitungan performansi kondisi eksisting. Perhitungan yang dilakukan terdiri dari perhitungan waktu beban kerja dan jumlah stasiun. Sedangkan pengukuran performansi kondisi eksisting dilakukan dengan menghitung efisiensi lini keseimbangan pada kondisi eksisting.

4.2.1. Waktu Produksi *Speaker*

Perusahaan *Speaker* menetapkan waktu kerja mulai dari pukul 07.00-16.00 WIB. Waktu kerja ini disebut sebagai *plant operating time* sehingga bernilai 9 jam. Waktu untuk melakukan *briefing* pagi dan istirahat adalah 1 jam. Sehingga waktu operasi terjadwal dalam setiap harinya didapatkan dari hasil pengurangan 9 jam dengan 1 jam atau sama dengan 8 jam per hari. Waktu operasi terjadwal ini tidak sepenuhnya digunakan untuk proses produksi *speaker*. Hal ini dikarenakan terdapat

waktu untuk pengeringan selama 5 jam untuk satu tipe produk dan merupakan waktu transisi dari Lini 1A ke Lini 1B. Ketika satu produk menunggu untuk dikeringkan, lini produksi akan digunakan untuk produksi *speaker* tipe lain sehingga operator dan mesin tidak menganggur. Sehingga waktu produksi tersedia untuk satu tipe *speaker* didapatkan dari hasil pengurangan 8 jam dengan 5 jam atau sama dengan 3 jam. Waktu lain di luar produksi seperti *breakdown time* baik berupa *unplanned breakdown* maupun *planned breakdown* tidak diperhitungkan dalam waktu 3 jam ini karena sudah termasuk dalam waktu 5 jam bersamaan dengan waktu menunggu pengeringan lem.

Waktu ini akan dikurangi kembali dengan waktu *non process* produksi seperti waktu *setup*, *changeover* dan *housekeeping*. Waktu *setup* digunakan ketika tipe *speaker* 12in ACR-1230 Black dijalankan pertama kali pada hari tersebut sedangkan waktu *changeover* merupakan waktu yang digunakan untuk perpindahan ketika lini selesai digunakan untuk produk tipe lain. Kegiatan yang dilakukan pada proses ini adalah pengaturan dan persiapan mesin, penggantian jarum lem dan pengisian lem. Sedangkan *housekeeping* adalah kegiatan bersih-bersih di lini seperti membersihkan *scrap* dan *chip* hasil kelingan, sisa solder maupun potongan-potongan kawat. Waktu non-proses ini bernilai 15 menit atau 0,25 jam. Sehingga didapatkan waktu proses merupakan hasil pengurangan dari waktu produksi dan waktu non-proses atau bernilai 2,75 jam.

Rekapitulasi waktu produksi *Speaker* Tipe 12in ACR 1230 Black ditunjukkan dengan Tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4. 2 Waktu Produksi *Speaker* 12in ACR 1230 Black

Keterangan		Waktu (Jam)
Waktu Kerja	=	9
Waktu <i>Briefing</i> dan Istirahat	=	1
Waktu Operasi Terjadwal	=	8
Waktu Pengeringan	=	5
Waktu Produksi Tersedia	=	3
Waktu Terbuang	=	0,25
Waktu Produksi	=	2,75

4.2.2. Efisiensi Kondisi Eksisting

Efisiensi merupakan ketersediaan (*availabilitas*) lini untuk melakukan proses produksi. Perhitungan efisiensi menggunakan Persamaan 3.1 sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Lini} = \frac{2,75 \text{ jam}}{3 \text{ jam}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Lini} = 92\%$$

4.2.3. Laju Produksi Lini Perakitan

Laju produksi Lini Perakitan 1 dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.3. Dengan rata-rata permintaan harian didapatkan dari Lampiran 1 dan waktu produksi tersedia didapatkan dari Tabel 4.2. Sehingga laju produksi didapatkan dengan nilai sebagai berikut:

$$R_p = \frac{1.238 \text{ unit}}{3 \text{ jam}}$$

$$R_p = 412,67 \frac{\text{unit}}{\text{jam}} \approx 413 \frac{\text{unit}}{\text{jam}}$$

Sehingga setiap satu jam, Lini Perakitan 1 dapat menghasilkan sebanyak 413 unit *speaker*.

4.2.4. Waktu Siklus Lini Perakitan

Perhitungan waktu siklus Lini Perakitan 1 dihitung menggunakan Persamaan 2.4, dengan mempertimbangkan nilai efisiensi lini dan laju produksi yang telah dihitung pada subbab sebelumnya.

$$T_c = \frac{3600 \times 92\%}{413} \text{ detik}$$

$$T_c = 7,99 \text{ detik} \approx 8 \text{ detik}$$

Berdasarkan perhitungan, didapatkan waktu siklus untuk 1 unit *speaker* adalah 8 detik.

4.2.5. Perhitungan Kondisi Eksisting

Perhitungan kondisi eksisting terdiri dari perhitungan waktu beban kerja dan jumlah stasiun kerja. Perhitungan kondisi eksisting adalah sebagai berikut:

4.2.5.1. Waktu Beban Kerja Kondisi Eksisting

Berdasarkan Persamaan 2.1, waktu beban kerja didapatkan dari penjumlahan seluruh waktu operasi. Waktu operasi yang digunakan dalam perhitungan ini adalah waktu standar hasil pengukuran dengan *Stopwatch Time Study* dibagi dengan jumlah operator dalam operasi tersebut. Sehingga perhitungan untuk waktu beban kerja pada kondisi eksisting adalah sebagai berikut:

$$T_{wc1A} = 4,4 + 3 + 3,8 + 4,1 + 4,37 + 2,5 + 2,5 + 3,81 + 11,45 + 3,39 + 3,40 + 3,78 + 4,49 + 3,39 + 2,5 + 2,29 + 4,3 + 4,32 + 4,43 + 3,7 + 4,43 + 1,04 + 5,5 + 4,6 + 2,18 \text{ detik}$$

$$T_{wc1A} = 97,67 \text{ detik}$$

$$T_{wc1B} = 6,48 + 6,10 + 1,72 + 3,5 + 1,71 + 3,39 + 3,5 + 4,2 + 4,13 + 4 + 1,89 + 0,67 + 4,3 + 4,3 + 4,13 + 3,79 + 4,36 + 1,91 + 4,3 + 3,2 + 3,97 + 4,35 + 4,5 + 2 \text{ detik}$$

$$T_{wc1B} = 86,39 \text{ detik}$$

Waktu beban kerja untuk Lini 1A adalah 97,67 detik sedangkan untuk Lini 1B adalah 86,39 detik.

4.2.5.2. Jumlah Stasiun Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting belum dilakukan pengelompokan operasi sehingga diasumsikan jumlah stasiun kerja yang digunakan bernilai sama dengan jumlah operasi pada setiap lini. Sehingga jumlah stasiun kerja pada Lini 1A adalah 25

stasiun dengan waktu stasiun terbesar adalah 11,45 detik yang dikerjakan oleh 36 orang operator. Sedangkan jumlah stasiun kerja pada Lini 1B adalah 24 stasiun dengan waktu stasiun terbesar adalah 6,48 detik yang dikerjakan oleh 30 orang operator.

4.2.5.3. Performansi Kondisi Eksisting

Performansi dihitung dari efisiensi lini keseimbangan 1A dan efisiensi lini keseimbangan 1B. Efisiensi lini keseimbangan dipengaruhi oleh waktu beban kerja, jumlah stasiun dan waktu stasiun terbesar pada lini tersebut. Perhitungan efisiensi lini keseimbangan dihitung menggunakan Persamaan 2.8.

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1A} = \left(\frac{97,67}{25 \times 11,45} \right) \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1A} = 34\%$$

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1B} = \left(\frac{86,39}{24 \times 6,48} \right) \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1B} = 56\%$$

Performansi kondisi eksisting untuk Lini 1A adalah 34% dan Lini 1B adalah 56%. Jumlah operator pada kondisi ini adalah 66 orang operator.

4.3. Perbaikan Metode Kerja

Pada subbab ini akan dilakukan evaluasi terhadap kondisi eksisting. Evaluasi meliputi waktu operasi awal dengan penempatan 1 operator untuk satu operasi, identifikasi operasi *idle* dan operasi *bottleneck* dan evaluasi untuk proses *bottleneck* menggunakan perbaikan metode kerja.

4.3.1. Waktu Operasi Berdasarkan STS

Pengukuran waktu operasi dilakukan oleh Perusahaan *Speaker* dengan *Stopwatch Time Study* dengan mengamati waktu yang dikerjakan dengan 1 operator untuk 1 operasi. Namun, pada kondisi eksisting, terdapat beberapa operasi yang

dikerjakan oleh lebih dari satu operator yang bekerja secara paralel seperti Operasi 12 yaitu pembersihan debu dan pencabutan *center yoke*. Dengan penambahan operator ini, waktu operasi menjadi berkurang sebagaimana yang tercantum dalam Peta Proses Produksi. Waktu operasi yang dicantumkan dalam rute proses produksi didapatkan dari pembagian waktu standar dari hasil pengukuran *Stopwatch Time Study* dengan jumlah operator dalam operasi tersebut. Hal ini dapat terjadi karena performansi yang dimiliki setiap operator dianggap sama.

Untuk melakukan perhitungan dengan *line balancing*, waktu standar dikembalikan pada waktu saat satu operasi dikerjakan oleh satu orang operator sehingga setelah perhitungan *line balancing*, setiap stasiun kerja hanya diisi oleh satu operator. Waktu operasi hasil pengukuran dengan *Stopwatch Time Study* (STS) dengan penempatan 1 operator untuk 1 operasi ditunjukkan dengan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4. 3 Waktu Operasi Berdasarkan STS Lini 1A

Kode	Operasi	Waktu Operasi (Detik)
A-1	Pembersihan <i>top plate</i>	4,4
A-2	Persiapan <i>chassis</i>	3
A-3	Pengelingan <i>top plate</i> dan <i>chassis</i>	3,8
A-4	Pengelingan terminal	4,1
A-5	Pembersihan sisa kelingan	4,37
A-6	Pembersihan magnet dan pelepasan sekat	2,5
A-7	Pembersihan <i>yoke</i>	2,5
A-8	Pengeleman magnet dan <i>yoke</i>	3,81
A-9	Penggabungan magnet + <i>yoke</i> dan Pemasangan <i>center yoke</i>	11,45
A-10	Pengeleman <i>top plate</i> dan <i>chassis assembly</i>	3,39
A-11	Penggabungan magnet <i>assembly</i> dan <i>chassis assembly</i>	3,4
A-12	Pembersihan debu dan Pencabutan <i>center yoke</i>	7,55
A-13	Pembersihan dengan <i>absorber</i>	4,49
A-14	Pengeleman <i>spider</i> bawah dan pecahan keling	3,39
A-15	Pemasangan <i>spider</i> dan <i>voice coil</i> ke <i>chassis</i>	2,5
A-16	Pemasangan <i>voice coil</i> ke <i>voice coil gauge</i>	4,58

Sumber: Perusahaan *Speaker*, 2018

Tabel 4. 3 Waktu Operasi Berdasarkan STS Lini 1A (Lanjutan)

Kode	Operasi	Waktu Operasi (Detik)
A-17	Pengeleman <i>conepaper</i> dan <i>voice coil</i> bawah	4,3
A-18	Persiapan <i>conepaper</i>	4,32
A-19	Pemasangan <i>conepaper</i>	4,43
A-20	Pengeleman <i>voice coil</i> atas dan gasket	3,7
A-21	Persiapan gasket	4,43
A-22	Pemasangan gasket	3,12
A-23	Pelepasan kawat <i>voice coil</i>	5,5
A-24	Pemasangan mal gasket	4,6
A-25	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	4,36

Sumber: Perusahaan *Speaker*, 2018

Tabel 4. 4 Waktu Operasi Berdasarkan STS Lini 1B

Kode	Operasi	Waktu Proses (Detik)
B-1	Peletakan <i>speaker</i> pada konveyor dan pencabutan <i>voice coil gauge</i>	6,48
B-2	Pemasangan <i>tinsel lead</i> dan pelilitan kawat <i>coil</i>	24,4
B-3	Penyolderan <i>rivet</i>	3,43
B-4	Pemotongan <i>rivet</i>	3,5
B-5	Pembentukan sudut <i>tinsel lead</i>	3,42
B-6	Penyolderan terminal	3,39
B-7	Pemotongan <i>tinsel lead</i> dan drop <i>speaker</i>	3,5
B-8	Pengeleman <i>dustcup</i>	4,2
B-9	Pengeleman <i>rivet</i>	4,13
B-10	Pemasangan <i>dustcup</i>	4
B-11	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	3,78
B-12	Pengeringan di rel konveyor	0,67
B-13	Persiapan <i>charge magnet</i>	4,3
B-14	<i>Charge magnet</i>	4,3
B-15	Pengetesan suara dan pemberian stempel	12,4
B-16	Pemasangan stiker	3,79
B-17	Pembungkusan <i>speaker</i> dengan plastik	4,36
B-18	Pembuatan IB / <i>Gift Box</i>	3,82
B-19	Pemasukan <i>speaker</i> ke IB	4,3
B-20	Penekukan manual, pemberian manual karakter dan <i>screw gasket</i>	3,2
B-21	Pengisolasian IB	3,97

Sumber: Perusahaan *Speaker*, 2018

Tabel 4. 4 Waktu Operasi Berdasarkan STS Lini 1B (Lanjutan)

Kode	Operasi	Waktu Proses (Detik)
B-22	Pembuatan dan pemasangan stiker OB	8,69
B-23	Pemasukan <i>speaker</i> ke OB	9
B-24	<i>Packing</i> dan stempel OB	4

Sumber: Perusahaan *Speaker*, 2018

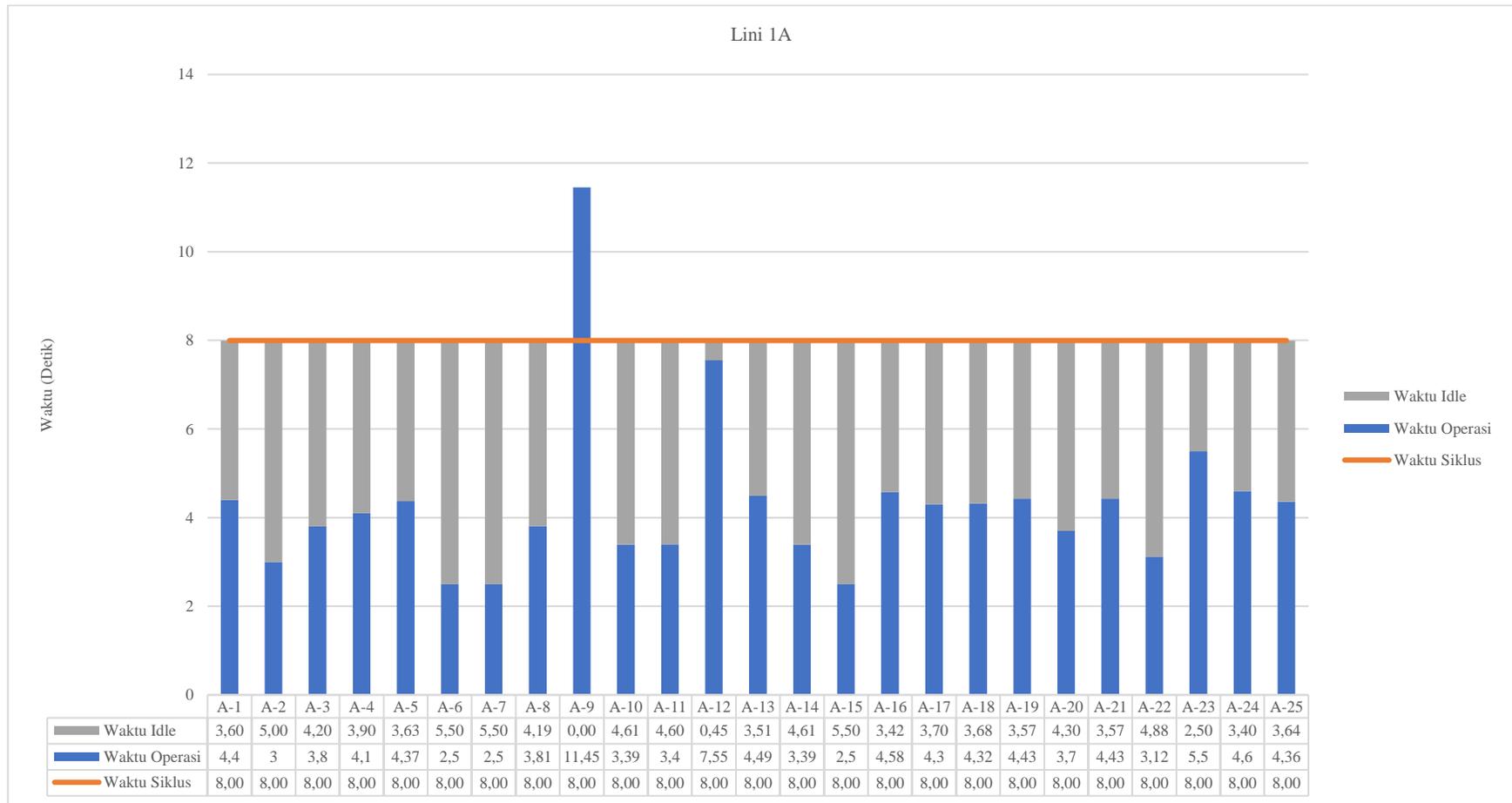
Perbandingan antara waktu operasi dengan waktu siklus yang ditargetkan ditunjukkan dengan Gambar 4.26 dan Gambar 4.27. Pada Gambar 4.26 dan Gambar 4.27 terlihat bahwa sebagian besar proses masih memiliki waktu *idle*. *Idle* sendiri terjadi ketika waktu operasi kurang dari waktu siklus sehingga perlu dilakukan penyeimbangan agar kapasitas yang dimiliki oleh lini dapat digunakan secara optimal dengan meminimalkan nilai *idle*. Sedangkan beberapa proses lain memiliki waktu operasi yang melebihi waktu siklus sehingga menyebabkan *bottleneck* karena melebihi kapasitas lini perakitan. Operasi yang menjadi *bottleneck* adalah penggabungan magnet + *yoke* dan pemasangan *center yoke*, pemasangan *tinsel lead* dan pelilitan kawat *coil*, pengetesan suara dan pemberian stempel, pembuatan dan pemasangan stiker OB dan pemasukan *speaker* ke OB. Operasi *bottleneck* akan dibahas lebih lanjut pada sub-subbab berikutnya.

4.3.2. Evaluasi Operasi *Bottleneck*

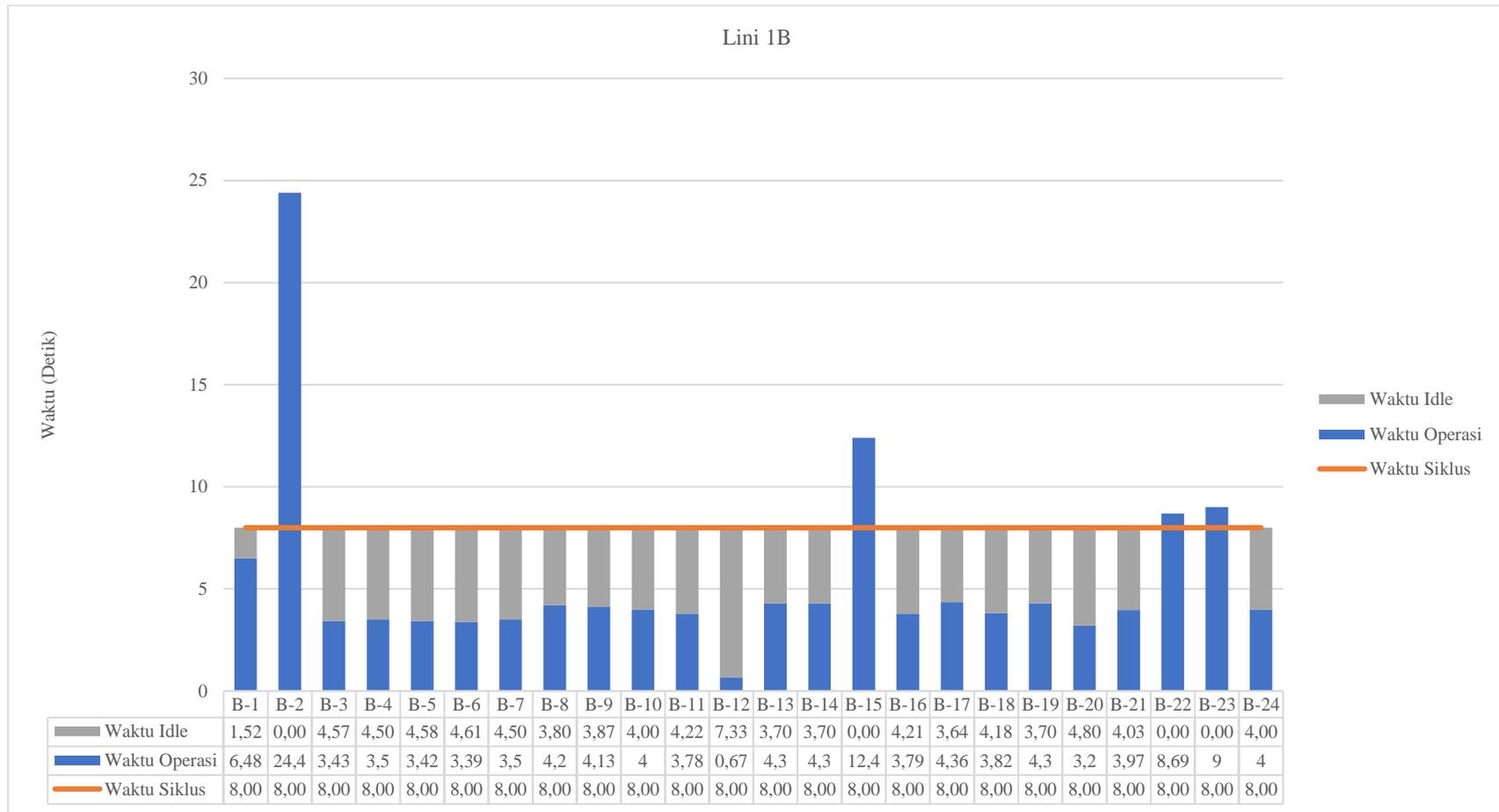
Operasi-operasi yang menjadi *bottleneck* dievaluasi berdasarkan elemen kerja penyusunnya menggunakan studi gerakan dengan prinsip ekonomi gerakan. Sehingga waktu operasi yang dihasilkan dapat dijadikan lebih rendah daripada waktu siklus yang telah ditentukan. Pada sub-subbab ini akan dilakukan evaluasi terhadap operasi yang mengalami *bottleneck*.

4.3.2.1. Evaluasi Operasi Penggabungan Magnet + Yoke dan Pemasangan *Center yoke*

Elemen kerja yang menyusun Operasi Penggabungan magnet + *yoke* dan Pemasangan *center yoke* ditunjukkan dengan Tabel 4.5.



Gambar 4. 26 Perbandingan Waktu Operasi dan Waktu Siklus Lini 1A



Gambar 4. 27 Perbandingan Waktu Operasi dan Waktu Siklus Lini 1B

Tabel 4. 5 Elemen Kerja Operasi Penggabungan Magnet + *Yoke* dan Pemasangan *Center yoke*

No.	Elemen Kerja	Waktu (Detik)	Waktu Operasi
1	Mengambil magnet dari konveyor	0,74	11,45
2	Meletakkan magnet ke meja kerja	0,65	
3	Mengambil <i>yoke</i> dari konveyor	0,52	
4	Merakit magnet ke <i>yoke</i>	2,05	
5	Menekan <i>yoke</i>	0,56	
6	Mengambil <i>center yoke</i>	0,63	
7	Meletakkan <i>center yoke</i> ke tengah magnet + <i>yoke</i>	2,52	
8	Menekan <i>center yoke</i>	0,64	
9	Memutar <i>center yoke</i>	2,31	
10	Meletakkan magnet + <i>yoke</i> ke konveyor	0,83	

Sumber: Perusahaan *Speaker*, 2018

Proses operasi ini dilakukan secara manual oleh operator sehingga dapat divisualisasikan menjadi Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan seperti pada Tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4. 6 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Penggabungan Magnet + *Yoke* dan Pemasangan *Center yoke* Kondisi Awal

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN Operasi : Penggabungan Magnet + Yoke dan Pemasangan <i>Center yoke</i> Kondisi : Eksisting					
Tangan Kiri	Waktu (Detik)	Simbol		Waktu (Detik)	Tangan Kanan
Mengambil magnet dari konveyor	0,74	RE, G	RE, G	0,74	Mengambil magnet dari konveyor
Meletakkan magnet ke meja kerja	0,65	M, P, RL	M, P, RL	0,65	Meletakkan magnet ke meja kerja
Menunggu	0,52	UD	RE, G	0,52	Mengambil <i>yoke</i> dari konveyor
Menahan <i>yoke</i>	2,05	H	P, A	2,05	Merakit magnet ke <i>yoke</i>
Menahan <i>yoke</i>	0,56	H	H, RL	0,56	Menekan <i>yoke</i>

Tabel 4. 6 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Penggabungan Magnet + Yoke dan Pemasangan *Center yoke* Kondisi Awal (Lanjutan)

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN Operasi : Penggabungan Magnet + Yoke dan Pemasangan <i>Center yoke</i> Kondisi : Eksisting					
Tangan Kiri	Waktu (Detik)	Simbol		Waktu (Detik)	Tangan Kanan
Menunggu	0,63	UD	RE, G	0,63	Mengambil <i>center yoke</i>
Menahan magnet + <i>yoke</i>	2,52	H	M, P, A	2,52	Meletakkan <i>center yoke</i> ke tengah magnet + <i>yoke</i>
Menahan magnet + <i>yoke</i>	0,64	H	H	0,64	Menekan <i>center yoke</i>
Menahan magnet + <i>yoke</i>	2,31	H	P, RL	2,31	Memutar <i>center yoke</i>
Meletakkan magnet + <i>yoke</i> ke konveyor	0,83	G, M, RL	G, M, RL	0,83	Meletakkan magnet + <i>yoke</i> ke konveyor
Total Waktu	11,45			11,45	

Pada Operasi Penggabungan Magnet + Yoke dan Pemasangan *Center Yoke*, proses operasi dimulai dari operator mengambil magnet dan *yoke* dari konveyor lalu meletakkan ke meja kerja yang ada di hadapan operator. Pemindahan magnet dan *yoke* ke meja kerja dapat dihilangkan dengan melakukan proses perakitan secara langsung di konveyor, hal ini dapat terjadi karena benda kerja yang kecil dan tidak membutuhkan waktu lama untuk dirakit. Selanjutnya dilakukan proses perakitan magnet dan *yoke*. Pada aktivitas ini, tangan kiri lebih banyak menganggur karena hanya difungsikan untuk menahan *yoke*, namun hal ini tetap diperlukan agar magnet dan *yoke* dapat terakit dengan benar walaupun dikerjakan di konveyor. Operasi dilanjutkan dengan pemasangan *center yoke* di tengah antara hasil perakitan magnet dan *yoke*. *Center yoke* sendiri berfungsi sebagai *jig* agar *yoke* dapat bertahan di posisi tengah *speaker*. Selama ini, operator sering memutar *center yoke*, padahal kegiatan ini bersifat *non value added* atau tidak memberikan nilai tambah pada *speaker* sehingga dapat dihilangkan. Dikarenakan pada umumnya, orang Indonesia melakukan kegiatan dengan tangan kanan, maka waktu elemen kerja yang dihasilkan dari perbaikan dengan memparalelkan tangan kiri dan tangan kanan ditulis dengan nilai waktu elemen kerja tangan kiri pada kondisi eksisting.

Berdasarkan Tabel 4.6, dapat dilakukan perbaikan metode kerja dengan menerapkan prinsip-prinsip ekonomi gerakan sebagaimana dijelaskan di atas sehingga didapatkan kondisi perbaikan yang ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Penggabungan Magnet + Yoke dan Pemasangan *Center yoke* Kondisi Perbaikan

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN Operasi : Penggabungan Magnet + Yoke dan Pemasangan Center yoke Kondisi : Perbaikan					
Tangan Kiri	Waktu (Detik)	Simbol		Waktu (Detik)	Tangan Kanan
Mengambil <i>yoke</i> dari konveyor	0,74	RE, G	RE, G	0,74	Mengambil magnet dari konveyor
Menahan <i>yoke</i>	2,05	H	P, A	2,05	Merakit magnet ke <i>yoke</i>
Menahan <i>yoke</i>	0,56	H	H, RL	0,56	Menekan <i>yoke</i>
Menunggu	0,63	UD	RE, G	0,63	Mengambil <i>center yoke</i>
Menahan magnet + <i>yoke</i>	2,52	H	M, P, A	2,52	Meletakkan <i>center yoke</i> ke tengah magnet + <i>yoke</i>
Menahan magnet + <i>yoke</i>	0,64	H	H	0,64	Menekan <i>center yoke</i>
Meletakkan magnet + <i>yoke</i> ke konveyor	0,83	G, M, RL	G, M, RL	0,83	Meletakkan magnet + <i>yoke</i> ke konveyor
Total Waktu	7,97			7,97	

Berdasarkan Tabel 4.7 terlihat bahwa waktu operasi ini berkurang dari 11,45 detik menjadi 7,97 detik. Waktu setelah perbaikan ini berada di bawah nilai waktu siklus sehingga operasi ini tidak lagi menyebabkan *bottleneck*.

4.3.2.2. Evaluasi Operasi Pemasangan Tinsel Lead dan Pelilitan Kawat Coil

Elemen kerja yang menyusun Operasi Pemasangan *tinsel lead* dan pelilitan kawat *coil* ditunjukkan dengan Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Elemen Kerja Operasi Pemasangan *Tinsel Lead* dan Pelilitan Kawat *Coil*

No.	Elemen Kerja	Waktu (Detik)	Waktu Operasi
1	Mengambil <i>speaker</i> dari konveyor	0,64	24,4
2	Meletakkan <i>speaker</i> ke meja kerja	0,61	
3	Mengambil pinset	0,53	
4	Mengambil <i>tinsel lead</i>	0,31	
5	Memasukkan <i>tinsel lead kanan</i> ke lubang atas <i>conepaper</i> bagian kanan	1,55	
6	Memposisikan kawat <i>coil</i>	0,07	
7	Meluruskan kawat <i>coil</i>	2,52	
8	Melilitkan kawat <i>coil ke tinsel lead</i>	0,95	
9	Menarik <i>tinsel lead</i> dari lubang bawah <i>conepaper</i> bagian kanan	1,58	
10	Memasukkan <i>tinsel lead kanan</i> ke lubang <i>terminal</i> bagian kanan	1,64	
11	Menarik <i>tinsel lead</i> dari lubang terminal bagian kanan	1,71	
12	Memindahkan pinset ke tangan kiri	0,64	
13	Mengambil <i>tinsel lead</i>	0,81	
14	Memasukkan <i>tinsel lead kanan</i> ke lubang atas <i>conepaper</i> bagian kiri	1,56	
15	Memposisikan kawat <i>coil</i>	0,09	
16	Meluruskan kawat <i>coil</i>	2,55	
17	Melilitkan kawat <i>coil ke tinsel lead</i>	0,98	
18	Menarik <i>tinsel lead</i> dari lubang bawah <i>conepaper</i> bagian kiri	1,64	
19	Memasukkan <i>tinsel lead kanan</i> ke lubang <i>terminal</i> bagian kiri	1,66	
20	Menarik <i>tinsel lead</i> dari lubang terminal bagian kiri	1,78	
21	Meletakkan <i>speaker</i> ke konveyor	0,58	

Sumber: Perusahaan *Speaker*, 2018

Proses operasi ini dilakukan secara manual oleh operator sehingga dapat divisualisasikan menjadi Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan seperti pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pemasangan *Tinsel Lead* dan Pelilitan Kawat *Coil* Kondisi Awal

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN					
Operasi		: Pemasangan <i>Tinsel Lead</i> dan Pelilitan Kawat <i>Coil</i>			
Kondisi		: Eksisting			
Tangan Kiri	Waktu (Detik)	Simbol		Waktu (Detik)	Tangan Kanan
Mengambil <i>speaker</i> dari konveyor	0,64	RE, G	RE, G	0,64	Mengambil <i>speaker</i> dari konveyor
Meletakkan <i>speaker</i> ke meja kerja	0,61	M, P, RL	M, P, RL	0,61	Meletakkan <i>speaker</i> ke meja kerja
Menunggu	0,53	UD	RE, G, U	0,53	Mengambil pinset
Menunggu	0,31	UD	RE, G	0,31	Mengambil <i>tinsel lead</i>
Menunggu	1,55	UD	P, A, RL	1,55	Memasukkan <i>tinsel lead</i> kanan ke lubang atas <i>conepaper</i> bagian kanan
Menunggu	0,07	UD	P	0,07	Memposisikan kawat <i>coil</i>
Menunggu	2,52	UD	G, P	2,52	Meluruskan kawat <i>coil</i>
Menahan <i>tinsel lead</i>	0,95	H	P	0,95	Melilitkan kawat <i>coil</i> ke <i>tinsel lead</i>
Menunggu	1,58	UD	RE, G, P	1,58	Menarik <i>tinsel lead</i> dari lubang bawah <i>conepaper</i> bagian kanan
Menunggu	1,64	UD	P, A, RL	1,64	Memasukkan <i>tinsel lead</i> kanan ke lubang <i>terminal</i> bagian kanan
Menunggu	1,71	UD	P, A, RL	1,71	Menarik <i>tinsel lead</i> dari lubang <i>terminal</i> bagian kanan
Memindahkan pinset ke tangan kiri	0,64	RE, G	M	0,64	Memindahkan pinset ke tangan kiri
Mengambil <i>tinsel lead</i>	0,81	RE, G	UD	0,81	Menunggu
Memasukkan <i>tinsel lead</i> kanan ke lubang atas <i>conepaper</i> bagian kiri	1,56	P, A, RL	UD	1,56	Menunggu
Memposisikan kawat <i>coil</i>	0,09	P	UD	0,09	Menunggu
Meluruskan kawat <i>coil</i>	2,55	G, P	UD	2,55	Menunggu

Tabel 4. 9 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pemasangan *Tinsel Lead* dan Pelilitan Kawat *Coil* Kondisi Awal (Lanjutan)

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN					
Operasi		: Pemasangan <i>Tinsel Lead</i> dan Pelilitan Kawat <i>Coil</i>			
Kondisi		: Eksisting			
Tangan Kiri	Waktu (Detik)	Simbol		Waktu (Detik)	Tangan Kanan
Melilitkan kawat <i>coil</i> ke <i>tinsel lead</i>	0,98	P	H	0,98	Menahan <i>tinsel lead</i>
Menarik <i>tinsel lead</i> dari lubang bawah <i>conepaper</i> bagian kiri	1,64	RE, G, P	UD	1,64	Menunggu
Memasukkan <i>tinsel lead</i> kanan ke lubang <i>terminal</i> bagian kiri	1,66	P, A, RL	UD	1,66	Menunggu
Menarik <i>tinsel lead</i> dari lubang <i>terminal</i> bagian kiri	1,78	P, A, RL	UD	1,78	Menunggu
Meletakkan <i>speaker</i> ke konveyor	0,58	RE, G, M, RL	RE, G, M, RL	0,58	Meletakkan <i>speaker</i> ke konveyor
Total Waktu	24,4			24,4	

Operasi Pemasangan *Tinsel Lead* dan Pelilitan Kawat *Coil* dimulai dengan mengambil *speaker* dari konveyor lalu meletakkan di meja kerja. Terdapat dua buah *tinsel lead* dan kawat *coil* yang terletak pada lokasi yang berdampingan. Pada kondisi eksisting, operasi yang dilakukan belum memaksimalkan penggunaan tangan kiri dan tangan kanan sehingga salah satu tangan akan menganggur ketika tangan yang lain bekerja. Operasi ini dapat dikurangi waktunya dengan mengoptimalkan penggunaan tangan kiri dan kanan yang bekerja secara bersamaan, yaitu ketika tangan kanan memasang *tinsel lead* sebelah kanan, tangan kiri juga memasang *tinsel lead* sebelah kiri. Elemen kerja lain yang dapat dihilangkan adalah elemen kerja meluruskan kawat *coil* yang tidak memberikan *value added* dan elemen kerja menarik *tinsel lead* baik dari *conepaper* maupun dari terminal yang

dapat dihilangkan karena *tinsel lead* dapat langsung diarahkan ke lubang terminal tanpa harus ditarik untuk memperpanjang jaraknya terlebih dahulu.

Berdasarkan Tabel 4.9, dapat dilakukan perbaikan metode kerja dengan menerapkan prinsip-prinsip ekonomi gerakan sesuai dengan penjelasan di atas sehingga didapatkan perbaikan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi *Tinsel Lead* dan Pelilitan Kawat *Coil* Kondisi Perbaikan

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN					
Operasi		: Pemasangan <i>Tinsel Lead</i> dan Pelilitan Kawat <i>Coil</i>			
Kondisi		: Perbaikan			
Tangan Kiri	Waktu (Detik)	Simbol		Waktu (Detik)	Tangan Kanan
Mengambil <i>speaker</i> dari konveyor	0,64	RE, G	RE, G	0,64	Mengambil <i>speaker</i> dari konveyor
Meletakkan <i>speaker</i> ke meja kerja	0,61	M, P, RL	M, P, RL	0,61	Meletakkan <i>speaker</i> ke meja kerja
Mengambil pinset	0,53	RE, G, U	RE, G, U	0,53	Mengambil pinset
Mengambil <i>tinsel lead</i>	0,31	RE, G	RE, G	0,31	Mengambil <i>tinsel lead</i>
Memasukkan <i>tinsel lead</i> kanan ke lubang atas <i>conepaper</i> bagian kiri	1,56	P, A, RL	P, A, RL	1,56	Memasukkan <i>tinsel lead</i> kanan ke lubang atas <i>conepaper</i> bagian kanan
Memposisikan kawat <i>coil</i>	0,09	UD	P	0,09	Memposisikan kawat <i>coil</i>
Menahan <i>tinsel lead</i>	0,95	H	P	0,95	Melilitkan kawat <i>coil</i> ke <i>tinsel lead</i>
Melilitkan kawat <i>coil</i> ke <i>tinsel lead</i>	0,98	P	H	0,98	Menahan <i>tinsel lead</i>
Memasukkan <i>tinsel lead</i> kanan ke lubang <i>terminal</i> bagian kiri	1,66	UD	P, A, RL	1,66	Memasukkan <i>tinsel lead</i> kanan ke lubang <i>terminal</i> bagian kanan
Meletakkan <i>speaker</i> ke konveyor	0,58	RE, G, M, RL	RE, G, M, RL	0,58	Meletakkan <i>speaker</i> ke konveyor
Total Waktu	7,91			7,91	

Berdasarkan Tabel 4.10 terlihat bahwa waktu operasi ini berkurang dari 24,4 detik menjadi 7,91 detik. Waktu setelah perbaikan ini berada di bawah nilai waktu siklus sehingga operasi ini tidak lagi menyebabkan *bottleneck*.

4.3.2.3. Evaluasi Operasi Pengetesan Suara dan Pemberian Stempel

Elemen kerja yang menyusun Operasi Pengetesan Suara dan Pemberian Stempel ditunjukkan dengan Tabel 4.11 sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Elemen Kerja Operasi Pengetesan Suara dan Pemberian Stempel

No.	Elemen Kerja	Waktu (Detik)	Waktu Operasi
1	Mengambil <i>speaker</i> dari konveyor	0,58	12,4
2	Meletakkan <i>speaker</i> ke meja kerja	0,53	
3	Mengulur kabel <i>sweeper test</i>	1,87	
4	Memasang capit buaya ke terminal <i>speaker</i> kanan	0,4	
5	Memasang capit buaya ke terminal <i>speaker</i> kiri	0,4	
6	Melakukan pengetesan	0,15	
7	Menunggu hasil pengetesan	1,5	
8	Membaca hasil pengetesan	1,75	
	Mencabut capit buaya dari terminal <i>speaker</i> kanan	0,3	
9	Mencabut capit buaya dari terminal <i>speaker</i> kiri	0,3	
10	Mengembalikan kabel ke <i>sweeper test</i>	1,85	
11	Mengambil stempel	1,58	
12	Memberi stempel pada <i>speaker</i>	0,51	
13	Meletakkan <i>speaker</i> ke konveyor	0,68	

Sumber: Perusahaan *Speaker*, 2018

Proses operasi ini dikerjakan menggunakan mesin yang dioperasikan secara penuh oleh operator sehingga dapat operasi ini dapat divisualisasikan dalam Peta Pekerja Mesin seperti pada Tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Peta Pekerja dan Mesin Operasi Pengetesan Suara dan Pemberian Stempel Kondisi Eksisting

PETA PEKERJA MESIN		
Operasi	: Pengetesan Suara dan Pemberian Stempel	
Kondisi	: Eksisting	
Uraian Elemen Kerja	Operator	Sweeper Test
Mengambil <i>speaker</i> dari konveyor	– 0,58	
Meletakkan <i>speaker</i> ke meja kerja	– 0,53	
Mengulur kabel <i>sweeper test</i>	– 1,87	
Memasang capit buaya ke terminal <i>speaker</i> kanan	– 0,4	
Memasang capit buaya ke terminal <i>speaker</i> kiri	– 0,4	
Melakukan pengetesan	– 0,15	–
Menunggu hasil pengetesan	–	– 1,5
Membaca hasil pengetesan	– 1,75	
Mencabut capit buaya dari terminal <i>speaker</i> kanan	– 0,3	
Mencabut capit buaya dari terminal <i>speaker</i> kiri	– 0,3	
Mengembalikan kabel ke <i>sweeper test</i>	– 1,85	
Mengambil stempel	– 1,58	
Memberi stempel pada <i>speaker</i>	– 0,51	
Meletakkan <i>speaker</i> ke konveyor	– 0,68	
Waktu Menganggur	1,5	10,9
Waktu Produktif	10,9	1,5

Pada operasi ini, mesin yang digunakan berupa *sweeper test* yang berfungsi untuk melakukan inspeksi suara pada *speaker*. Walaupun menggunakan mesin, operasi ini lebih banyak didominasi pekerjaan operator yang dimulai dari proses persiapan pengetesan, pengetesan itu sendiri, proses setelah pengetesan dan pemberian stempel. Sedangkan mesin hanya berfungsi ketika melakukan pengetesan selama 1,5 detik. Operasi ini dapat diperbaiki dengan menghilangkan kegiatan yang tidak memberikan *value added* dan tidak diperlukan seperti mengulur kabel dan meletakkan kabel kembali ke tempatnya. Kabel hanya perlu diletakkan berada di area yang mudah dijangkau operator karena akan digunakan secara

berulang sehingga tidak perlu mengambil dan mengembalikan kabel secara berulang-ulang pula. Perbaikan lain yang dapat dilakukan adalah pengoptimalan penggunaan tangan kiri dan tangan kanan dalam proses pemasangan dan pencabutan capit buaya *sweeper test* ke *speaker*. Elemen kerja ini dapat dikerjakan oleh tangan kiri dan tangan kanan secara paralel sehingga waktu operasi dapat direduksi.

Berdasarkan Tabel 4.12, dapat dilakukan perbaikan metode kerja dengan menerapkan prinsip-prinsip ekonomi gerakan seperti yang telah dijelaskan di atas sehingga didapatkan perbaikan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4. 13 Peta Pekerja dan Mesin Operasi Pengetesan Suara dan Pemberian Stempel Kondisi Perbaikan

PETA PEKERJA MESIN		
Operasi	: Pengetesan Suara dan Pemberian Stempel	
Kondisi	: Perbaikan	
Uraian Elemen Kerja	Operator	<i>Sweeper Test</i>
Mengambil <i>speaker</i> dari konveyor	— 0,58	
Meletakkan <i>speaker</i> ke meja kerja	— 0,53	
Memasang capit buaya ke terminal <i>speaker</i>	— 0,4	
Melakukan pengetesan	— 0,15	—
Menunggu hasil pengetesan	—	— 1,5
Membaca hasil pengetesan	— 1,75	
Mencabut capit buaya dari terminal <i>speaker</i>	— 0,3	
Mengambil stempel	— 1,58	
Memberi stempel pada <i>speaker</i>	— 0,51	
Meletakkan <i>speaker</i> ke konveyor	— 0,68	
Waktu Menganggur	5,92	10,9
Waktu Produktif	6,48	1,5

Berdasarkan Tabel 4.13 terjadi perubahan waktu operasi dari 12,4 detik menjadi 7,98 detik. Waktu perbaikan ini sudah di bawah waktu siklus sehingga sudah tidak menjadi operasi *bottleneck*.

4.3.2.4. Evaluasi Operasi Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB

Elemen kerja yang menyusun Operasi Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB ditunjukkan dengan Tabel 4.14 sebagai berikut:

Tabel 4. 14 Elemen Kerja Operasi Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB

No.	Elemen Kerja	Waktu (Detik)	Waktu Operasi
1	Mengambil <i>outbox speaker</i>	0,85	8,69
2	Meletakkan <i>outbox</i> ke meja kerja	0,72	
3	Mengambil stiker <i>outbox</i>	0,71	
4	Membuka kemasan plastik stiker	0,21	
5	Membuka segel kertas stiker	0,29	
6	Memasang stiker pada <i>outbox</i>	4,12	
7	Meletakkan <i>outbox</i>	1,79	

Sumber: Perusahaan *Speaker*, 2018

Proses operasi ini dilakukan secara manual oleh operator sehingga dapat divisualisasikan menjadi Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan seperti pada Tabel 4.15 sebagai berikut:

Tabel 4. 15 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB Kondisi Awal

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN					
Operasi		: Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB			
Kondisi		: Eksisting			
Tangan Kiri	Waktu (Detik)	Simbol		Waktu (Detik)	Tangan Kanan
Mengambil <i>outbox speaker</i>	0,85	RE, G	RE, G	0,85	Mengambil <i>outbox speaker</i>
Meletakkan <i>outbox</i> ke meja kerja	0,72	M, RL	M, P, RL	0,72	Meletakkan <i>outbox</i> ke meja kerja
Menunggu	0,71	UD	RE, G	0,71	Mengambil stiker <i>outbox</i>
Membuka kemasan plastik stiker	0,21	DA	DA	0,21	Membuka kemasan plastik stiker
Membuka segel kertas stiker	0,29	DA	DA	0,29	Membuka segel kertas stiker

Tabel 4. 15 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB Kondisi Awal (Lanjutan)

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN					
Operasi		: Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB			
Kondisi		: Eksisting			
Tangan Kiri	Waktu (Detik)	Simbol		Waktu (Detik)	Tangan Kanan
Memasang stiker pada <i>outbox</i>	4,12	G, P, U, RL	G, P, U, RL	4,12	Memasang stiker pada <i>outbox</i>
Meletakkan <i>outbox</i>	1,79	G, P, RL	G, P, RL	1,79	Meletakkan <i>outbox</i>
Total Waktu	8,69			8,69	

Operasi Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB ini dimulai dari elemen kerja mengambil *outbox* (OB) *speaker* lalu memindahkan ke meja kerja. Operator mengambil stiker, membuka kemasan dan segel stiker. Dilanjutkan dengan memasang stiker ke *outbox* dan yang terakhir meletakkan *outbox* kembali. Kegiatan meletakkan *outbox* ke meja kerja dan mengambil stiker dapat dilakukan secara paralel dengan mengoptimalkan penggunaan tangan kiri dan tangan kanan sesuai prinsip ekonomi gerakan. *Outbox* harus diletakkan di area yang mudah dijangkau operator sehingga dapat memungkinkan untuk dipindahkan walaupun menggunakan satu tangan.

Berdasarkan Tabel 4.15, dapat dilakukan perbaikan metode kerja dengan menerapkan prinsip-prinsip ekonomi gerakan seperti yang dijelaskan di atas sehingga didapatkan perbaikan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.16.

Tabel 4. 16 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB Kondisi Perbaikan

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN					
Operasi		: Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB			
Kondisi		: Perbaikan			
Tangan Kiri	Waktu (Detik)	Simbol		Waktu (Detik)	Tangan Kanan
Mengambil <i>outbox speaker</i>	0,85	RE, G, RL	RE, G	0,85	Mengambil <i>outbox speaker</i>

Tabel 4. 16 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB Kondisi Perbaikan (Lanjutan)

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN					
Operasi		: Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB			
Kondisi		: Perbaikan			
Tangan Kiri	Waktu (Detik)	Simbol		Waktu (Detik)	Tangan Kanan
Mengambil stiker <i>outbox</i>	0,72	RE, G	M, P, RL	0,72	Meletakkan <i>outbox</i> ke meja kerja
Membuka kemasan plastik stiker	0,21	DA	DA	0,21	Membuka kemasan plastik stiker
Membuka segel kertas stiker	0,29	DA	DA	0,29	Membuka segel kertas stiker
Memasang stiker pada <i>outbox</i>	4,12	G, P, U, RL	G, P, U, RL	4,12	Memasang stiker pada <i>outbox</i>
Meletakkan <i>outbox</i>	1,79	G, P, RL	G, P, RL	1,79	Meletakkan <i>outbox</i>
Total Waktu	7,98			7,98	

Berdasarkan Tabel 4.16, terlihat bahwa proses operasi berkurang dari 8,69 detik menjadi 7,98 detik. Waktu operasi hasil perbaikan sudah berada di bawah nilai waktu siklus sehingga tidak menjadi operasi *bottleneck*.

4.3.2.5. Evaluasi Operasi Pemasukan Speaker ke OB

Elemen kerja yang menyusun Operasi Pemasukan *Speaker* ke OB ditunjukkan dengan Tabel 4.17 sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Elemen Kerja Operasi Pemasukan *Speaker* ke OB

No.	Elemen Kerja	Waktu (Detik)	Waktu Operasi
1	Mengambil <i>outbox</i>	1,64	9
2	Meletakkan <i>outbox</i>	0,36	
3	Membuka penutup atas <i>outbox</i> bagian kiri	0,28	
4	Membuka penutup atas <i>outbox</i> bagian depan	0,27	
5	Membuka penutup atas <i>outbox</i> bagian belakang	0,27	
6	Membuka penutup atas <i>outbox</i> bagian kanan	0,25	
7	Mengambil <i>speaker</i>	1,52	

Sumber: Perusahaan *Speaker*, 2018

Tabel 4. 17 Elemen Kerja Operasi Pemasukan *Speaker* ke OB (Lanjutan)

No.	Elemen Kerja	Waktu (Detik)	Waktu Operasi
8	Memasukkan <i>speaker</i> ke <i>outbox</i>	2,14	
9	Menutup penutup atas <i>outbox</i> bagian kiri	0,28	
10	Menutup penutup atas <i>outbox</i> bagian depan	0,26	
11	Menutup penutup atas <i>outbox</i> bagian belakang	0,26	
12	Menutup penutup atas <i>outbox</i> bagian kanan	0,27	
13	Meletakkan <i>outbox</i>	1,2	

Sumber: Perusahaan *Speaker*, 2018

Proses operasi ini dilakukan secara manual oleh operator sehingga dapat divisualisasikan menjadi Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan seperti pada Tabel 4.18 sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pemasukan *Speaker* ke OB Kondisi Awal

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN					
Operasi		: Pemasukan <i>Speaker</i> ke OB			
Kondisi		: Eksisting			
Tangan Kiri	Waktu (Detik)	Simbol		Waktu (Detik)	Tangan Kanan
Mengambil <i>outbox</i>	1,64	RE, G	RE, G	1,64	Mengambil <i>outbox</i>
Meletakkan <i>outbox</i>	0,36	M, RL	M, RL	0,36	Meletakkan <i>outbox</i>
Membuka penutup atas <i>outbox</i> bagian kiri	0,28	RE, G, P	UD	0,28	Menunggu
Menunggu	0,27	UD	RE, G	0,27	Membuka penutup atas <i>outbox</i> bagian depan
Membuka penutup atas <i>outbox</i> bagian belakang	0,27	RE, G, P	UD	0,27	Menunggu
Menunggu	0,25	UD	RE, G	0,25	Membuka penutup atas <i>outbox</i> bagian kanan
Mengambil <i>speaker</i>	1,52	H	G, P, RL	1,52	Mengambil <i>speaker</i>
Memasukkan <i>speaker</i> ke <i>outbox</i>	2,14	H	G, P, RL	2,14	Memasukkan <i>speaker</i> ke <i>outbox</i>

Tabel 4. 18 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pemasukan *Speaker* ke OB Kondisi Awal (Lanjutan)

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN					
Operasi		: Pemasukan <i>Speaker</i> ke OB			
Kondisi		: Eksisting			
Tangan Kiri	Waktu (Detik)	Simbol		Waktu (Detik)	Tangan Kanan
Menutup penutup atas <i>outbox</i> bagian kiri	0,28	RE, G, P	UD	0,28	Menunggu
Menunggu	0,26	UD	RE, G	0,26	Menutup penutup atas <i>outbox</i> bagian depan
Menutup penutup atas <i>outbox</i> bagian belakang	0,26	RE, G, P	UD	0,26	Menunggu
Menunggu	0,27	UD	RE, G	0,27	Menutup penutup atas <i>outbox</i> bagian kanan
Meletakkan <i>outbox</i>	1,2	G, P, RL	H	1,2	Meletakkan <i>outbox</i>
Total Waktu	9			9	

Pada Operasi Pemasukan *Speaker* ke OB, elemen kerja yang dilakukan dimulai dari mengambil *outbox* lalu meletakkan *outbox* ke meja kerja. Lalu membuka bagian penutup atas *outbox* yang terdiri dari empat sisi yaitu sisi kiri, kanan, depan dan belakang. Pada kondisi eksisting, kegiatan ini masih dikerjakan secara bergantian sehingga ketika satu tangan bekerja tangan yang lain hanya menunggu. Elemen kerja ini dapat diperbaiki dengan melakukan kegiatan secara paralel dengan mengoptimalkan penggunaan tangan kanan dan kiri sesuai prinsip ekonomi gerakan, misalnya ketika tangan kiri menutup bagian kiri secara bersamaan tangan kanan menutup bagian kanan. Elemen kerja selanjutnya adalah mengambil *speaker* dari konveyor lalu memasukkan *speaker* ke *outbox*. Setelah *speaker* dimasukkan ke *outbox*, proses penutupan *outbox* juga harus dikerjakan secara paralel seperti yang dilakukan pada proses membuka *outbox*.

Berdasarkan Tabel 4.18, dapat dilakukan perbaikan metode kerja dengan menerapkan prinsip-prinsip ekonomi gerakan seperti yang telah dijelaskan di atas sehingga didapatkan perbaikan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan Operasi Pemasukan *Speaker* ke OB Kondisi Perbaikan

PETA TANGAN KIRI DAN TANGAN KANAN					
Operasi		: Pemasukan <i>Speaker</i> ke OB			
Kondisi		: Perbaikan			
Tangan Kiri	Waktu (Detik)	Simbol		Waktu (Detik)	Tangan Kanan
Mengambil <i>outbox</i>	1,64	RE, G	RE, G	1,64	Mengambil <i>outbox</i>
Meletakkan <i>outbox</i>	0,36	M, RL	M, RL	0,36	Meletakkan <i>outbox</i>
Membuka penutup atas <i>outbox</i> bagian kiri	0,28	RE, G, P	UD	0,28	Membuka penutup atas <i>outbox</i> bagian kanan
Membuka penutup atas <i>outbox</i> bagian belakang	0,27	RE, G, P	UD	0,27	Membuka penutup atas <i>outbox</i> bagian depan
Mengambil <i>speaker</i>	1,52	H	G, P, RL	1,52	Mengambil <i>speaker</i>
Memasukkan <i>speaker</i> ke <i>outbox</i>	2,14	H	G, P, RL	2,14	Memasukkan <i>speaker</i> ke <i>outbox</i>
Menutup penutup atas <i>outbox</i> bagian kiri	0,28	RE, G, P	UD	0,28	Menutup penutup atas <i>outbox</i> bagian depan
Menutup penutup atas <i>outbox</i> bagian belakang	0,27	UD	RE, G	0,27	Menutup penutup atas <i>outbox</i> bagian kanan
Meletakkan <i>outbox</i>	1,2	G, P, RL	H	1,2	Meletakkan <i>outbox</i>
Total Waktu	7,96			7,96	

Berdasarkan Tabel 4.19, terlihat bahwa terjadi penurunan waktu operasi dari 9 detik menjadi 7,96 detik. Waktu operasi hasil perakitan ini sudah di bawah waktu siklus, sehingga operasi sudah tidak menjadi operasi yang *bottleneck*.

4.3.3. Rekapitulasi Evaluasi Operasi *Bottleneck*

Berdasarkan evaluasi menggunakan studi gerakan, didapatkan perbaikan operasi *bottleneck* yang ditunjukkan dengan Tabel 4.20.

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Evaluasi Operasi *Bottleneck*

Kode	Nama Operasi	Waktu Operasi Awal (Detik)	Waktu Perbaikan (Detik)
A-9	Penggabungan magnet + <i>yoke</i> dan Pemasangan <i>center yoke</i>	11,45	7,97
B-2	Pemasangan <i>tinsel lead</i> dan pelilitan kawat <i>coil</i>	24,4	7,91
B-15	Pengetesan suara dan pemberian stempel	12,4	7,98
B-22	Pembuatan dan pemasangan stiker OB	8,69	7,98
B-23	Pemasukan <i>speaker</i> ke OB	9	7,96

Berdasarkan Tabel 4.20, terlihat bahwa waktu perbaikan semua operasi yang awalnya *bottleneck* dapat dikurang hingga bernilai kurang dari 8 detik atau waktu siklus sehingga waktu operasi terbaru ditunjukkan dengan Tabel 4.21 dan 4.22 sebagai berikut:

Tabel 4. 21 Waktu Operasi Lini 1A Setelah Perbaikan Metode Kerja

Kode	Operasi	Waktu Operasi (Detik)
A-1	Pembersihan <i>top plate</i>	4,4
A-2	Persiapan <i>chassis</i>	3
A-3	Pengelingan <i>top plate</i> dan <i>chassis</i>	3,8
A-4	Pengelingan terminal	4,1
A-5	Pembersihan sisa kelingan	4,37
A-6	Pembersihan magnet dan pelepasan sekat	2,5
A-7	Pembersihan <i>yoke</i>	2,5
A-8	Pengeleman magnet dan <i>yoke</i>	3,81
A-9	Penggabungan magnet + <i>yoke</i> dan Pemasangan <i>center yoke</i>	7,97
A-10	Pengeleman <i>top plate</i> dan <i>chassis assembly</i>	3,39
A-11	Penggabungan magnet <i>assembly</i> dan <i>chassis assembly</i>	3,4
A-12	Pembersihan debu dan Pencabutan <i>center yoke</i>	7,55
A-13	Pembersihan dengan <i>absorber</i>	4,49
A-14	Pengeleman <i>spider</i> bawah dan pecahan keling	3,39
A-15	Pemasangan <i>spider</i> dan <i>voice coil</i> ke <i>chassis</i>	2,5
A-16	Pemasangan <i>voice coil</i> ke <i>voice coil gauge</i>	4,58
A-17	Pengeleman <i>conepaper</i> dan <i>voice coil</i> bawah	4,3
A-18	Persiapan <i>conepaper</i>	4,32
A-19	Pemasangan <i>conepaper</i>	4,43

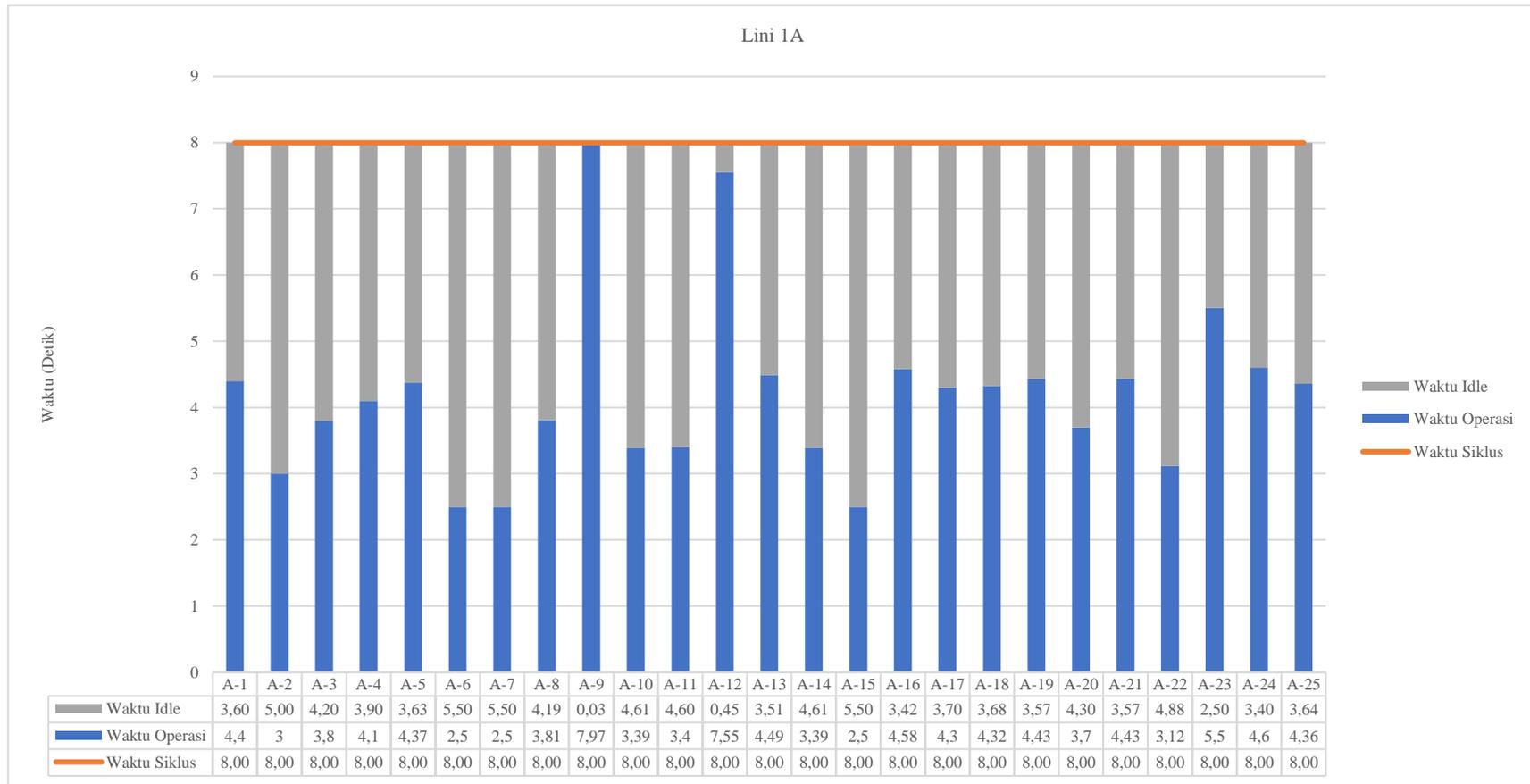
Tabel 4. 21 Waktu Operasi Lini 1A Setelah Perbaikan Metode Kerja (Lanjutan)

Kode	Operasi	Waktu Operasi (Detik)
A-20	Pengeleman <i>voice coil</i> atas dan gasket	3,7
A-21	Persiapan gasket	4,43
A-22	Pemasangan gasket	3,12
A-23	Pelepasan kawat <i>voice coil</i>	5,5
A-24	Pemasangan mal gasket	4,6
A-25	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	4,36

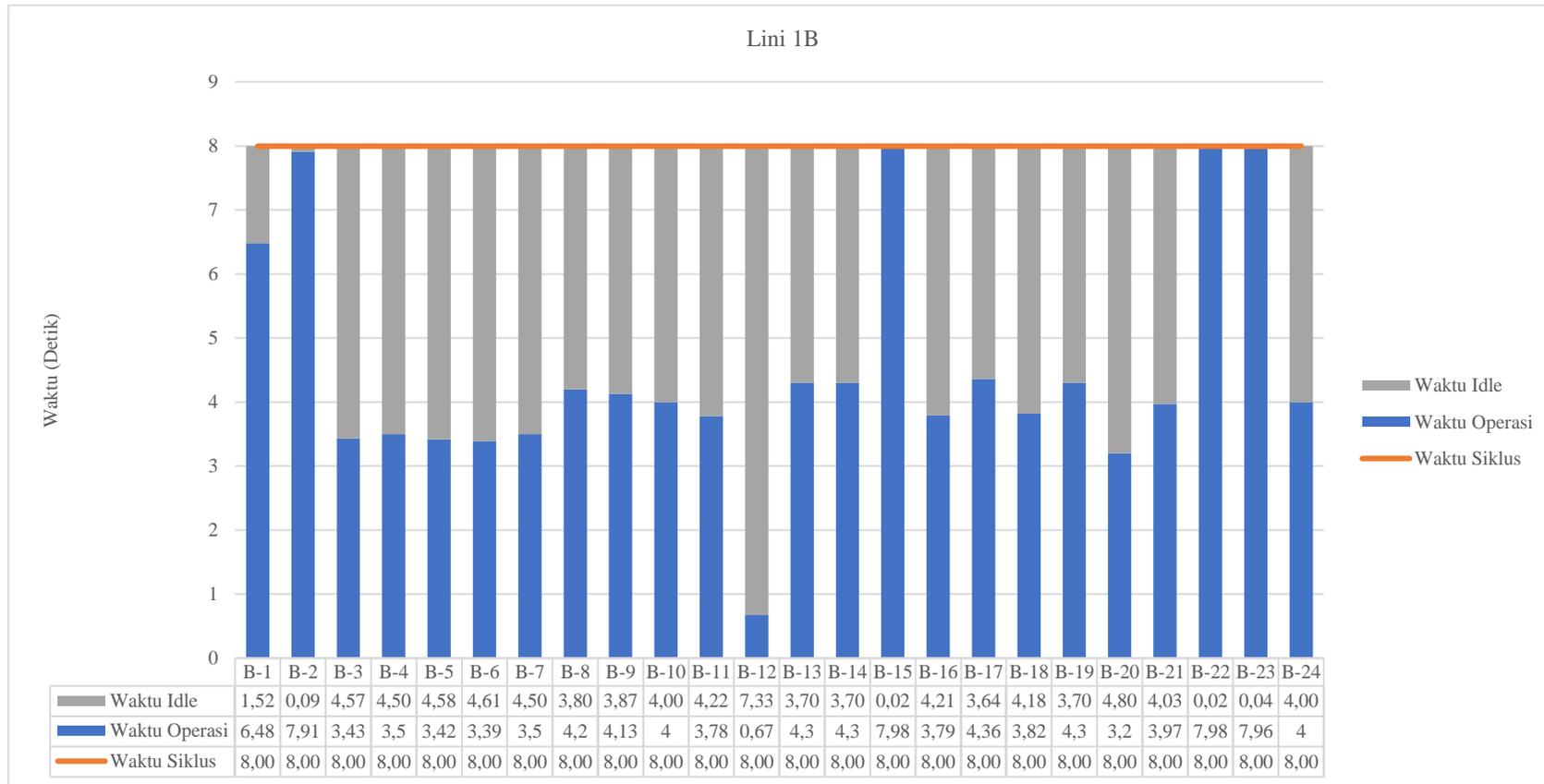
Tabel 4. 22 Waktu Operasi Lini 1B Setelah Perbaikan Metode Kerja

Kode	Operasi	Waktu Operasi (Detik)
B-1	Peletakan <i>speaker</i> pada konveyor dan pencabutan <i>voice coil gauge</i>	6,48
B-2	Pemasangan <i>tinsel lead</i> dan pelilitan kawat <i>coil</i>	7,91
B-3	Penyolderan <i>rivet</i>	3,43
B-4	Pemotongan <i>rivet</i>	3,5
B-5	Pembentukan sudut <i>tinsel lead</i>	3,42
B-6	Penyolderan terminal	3,39
B-7	Pemotongan <i>tinsel lead</i> dan drop <i>speaker</i>	3,5
B-8	Pengeleman <i>dustcup</i>	4,2
B-9	Pengeleman <i>rivet</i>	4,13
B-10	Pemasangan <i>dustcup</i>	4
B-11	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	3,78
B-12	Pengeringan di rel konveyor	0,67
B-13	Persiapan <i>charge magnet</i>	4,3
B-14	<i>Charge magnet</i>	4,3
B-15	Pengetesan suara dan pemberian stempel	7,98
B-16	Pemasangan stiker	3,79
B-17	Pembungkusan <i>speaker</i> dengan plastik	4,36
B-18	Pembuatan IB / <i>Gift Box</i>	3,82
B-19	Pemasukan <i>speaker</i> ke IB	4,3
B-20	Penekukan manual, pemberian manual karakter dan <i>screw gasket</i>	3,2
B-21	Pengisolasian IB	3,97
B-22	Pembuatan dan pemasangan stiker OB	7,98
B-23	Pemasukan <i>speaker</i> ke OB	7,96
B-24	<i>Packing</i> dan stempel OB	4

Perbandingan waktu operasi, waktu *idle* dan waktu siklus dapat divisualisasikan dengan grafik pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29.



Gambar 4. 28 Perbandingan Waktu Operasi dan Waktu Siklus Lini 1A Setelah Perbaikan Metode Kerja



Gambar 4. 29 Perbandingan Waktu Operasi dan Waktu Siklus Lini 1B Setelah Perbaikan Metode Kerja

4.4. Pengolahan Data Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja

Pada subbab ini akan dilakukan pengolahan data dengan kondisi setelah dilakukan perbaikan metode kerja untuk menghilangkan operasi *bottleneck*.

4.4.1. Waktu Beban Kerja Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja

Waktu beban kerja dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1 dengan melakukan penjumlahan seluruh waktu operasi. Sehingga perhitungan untuk waktu beban kerja pada kondisi setelah perbaikan metode kerja adalah sebagai berikut:

$$T_{wc1A} = 4,4 + 3 + 3,8 + 4,1 + 4,37 + 2,5 + 2,5 + 3,81 + 7,97 + 3,39 + 3,40 + 7,55 + 4,49 + 3,39 + 2,5 + 4,58 + 4,3 + 4,32 + 4,43 + 3,7 + 4,43 + 3,12 + 5,5 + 4,6 + 4,36 \text{ detik}$$

$$T_{wc1A} = 104,51 \text{ detik}$$

$$T_{wc1B} = 6,48 + 7,91 + 3,43 + 3,5 + 3,42 + 3,39 + 3,5 + 4,2 + 4,13 + 4 + 3,78 + 0,67 + 4,3 + 4,3 + 7,98 + 3,79 + 4,36 + 3,82 + 4,3 + 3,2 + 3,97 + 7,98 + 7,96 + 4 \text{ detik}$$

$$T_{wc1B} = 108,37 \text{ detik}$$

Waktu beban kerja untuk Lini 1A adalah 104,51 detik sedangkan untuk Lini 1B adalah 108,37 detik.

4.4.2. Jumlah Stasiun Kerja Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja

Pada kondisi setelah dilakukan perbaikan metode kerja belum dilakukan pengelompokan operasi sehingga diasumsikan jumlah stasiun yang digunakan bernilai sama dengan jumlah operasi pada setiap lini. Sehingga jumlah stasiun pada Lini 1A adalah 25 stasiun dengan waktu stasiun terbesar adalah 7,97 detik. Sedangkan jumlah stasiun pada Lini 1B adalah 24 stasiun dengan waktu stasiun terbesar adalah 7,98 detik.

4.4.3. *Performansi Lini Keseimbangan Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja*

Performansi dihitung dari efisiensi lini keseimbangan 1A dan efisiensi lini keseimbangan 1B. Perhitungan efisiensi lini keseimbangan dihitung menggunakan Persamaan 2.8 ditunjukkan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1A} = \left(\frac{104,51}{25 \times 7,97} \right) \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1A} = 52,5\%$$

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1B} = \left(\frac{108,37}{24 \times 7,98} \right) \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1A} = 56,6\%$$

Performansi lini keseimbangan setelah dilakukan perbaikan kerja adalah 52,5% pada Lini 1A dan 56,6% pada Lini 1B.

4.5. **Persiapan *Line Balancing***

Pada subbab ini akan dijelaskan persiapan yang harus dilakukan sebelum melakukan pengolahan data menggunakan *line balancing*.

4.5.1. *Batasan Line Balancing*

Pada sub-subbab ini akan dijelaskan batasan yang digunakan dalam penyusunan *line balancing* pada penelitian ini. Batasan yang digunakan dalam penyusunan *line balancing* pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

4.5.1.1. *Waktu Siklus*

Waktu siklus menjadi batasan waktu maksimal yang dapat dicapai oleh satu stasiun kerja. Nilai ini berfungsi menjadi pembatas saat menggabungkan beberapa operasi ke dalam satu stasiun kerja. Waktu siklus yang digunakan adalah waktu siklus yang didapatkan dari hasil perhitungan pada Sub-Subbab 4.2.4 yaitu 8 detik.

4.5.1.2. Aktivitas Pendahulu

Batasan yang kedua adalah presedensi atau batasan aktivitas pendahulu (predesesor). Beberapa operasi pada Lini Perakitan *Speaker* dapat dikerjakan ketika operasi pendahulunya telah diselesaikan. Misalnya operasi pembersihan sisa kelingan hanya dapat dilakukan ketika operasi pengelingan telah selesai dilakukan. Batasan ini tidak boleh dilanggar walaupun waktu operasi yang akan digabungkan masih di bawah waktu siklus yang ada. Presedensi untuk Lini 1A dan Lini 1B ditunjukkan dengan Tabel 4.23 dan 4.24 sebagai berikut:

Tabel 4. 23 Presedensi Lini 1A

No	Kode	Operasi	Predesesor	Waktu Proses (Detik)
1	A-1	Pembersihan <i>top plate</i>	-	4,4
2	A-2	Persiapan <i>chassis</i>	-	3
3	A-3	Pengelingan <i>top plate</i> dan <i>chassis</i>	1;2	3,8
4	A-4	Pengelingan terminal	-	4,1
5	A-5	Pembersihan sisa kelingan	3;4	4,37
6	A-6	Pembersihan magnet dan pelepasan sekat	-	2,5
7	A-7	Pembersihan <i>yoke</i>	-	2,5
8	A-8	Pengeleman magnet dan <i>yoke</i>	6;7	3,81
9	A-9	Penggabungan magnet + <i>yoke</i> dan Pemasangan <i>center yoke</i>	8	7,97
10	A-10	Pengeleman <i>top plate</i> dan <i>chassis assembly</i>	5	3,39
11	A-11	Penggabungan magnet <i>assembly</i> dan <i>chassis assembly</i>	9;10	3,4
12	A-12	Pembersihan debu dan Pencabutan <i>center yoke</i>	11	7,55
13	A-13	Pembersihan dengan <i>absorber</i>	12	4,49
14	A-14	Pengeleman <i>spider</i> bawah dan pecahan keling	13	3,39
15	A-15	Pemasangan <i>spider</i> dan <i>voice coil</i> ke <i>chassis</i>	14	2,5
16	A-16	Pemasangan <i>voice coil</i> ke <i>voice coil gauge</i>	15	4,58
17	A-17	Pengeleman <i>conepaper</i> dan <i>voice coil</i> bawah	16	4,3
18	A-18	Persiapan <i>conepaper</i>	17	4,32
19	A-19	Pemasangan <i>conepaper</i>	18	4,43
20	A-20	Pengeleman <i>voice coil</i> atas dan gasket	19	3,7
21	A-21	Persiapan gasket	20	4,43

Tabel 4. 23 Presedensi Lini 1A (Lanjutan)

No	Kode	Operasi	Predesesor	Waktu Proses (Detik)
22	A-22	Pemasangan gasket	21	3,12
23	A-23	Pelepasan kawat <i>voice coil</i>	22	5,5
24	A-24	Pemasangan mal gasket	23	4,6
25	A-25	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	24	4,36

Tabel 4. 24 Presedensi Lini 1B

No	Kode	Operasi	Predesesor	Waktu Proses (Detik)
1	B-1	Peletakan <i>speaker</i> pada konveyor dan pencabutan <i>voice coil gauge</i>	-	6,48
2	B-2	Pemasangan <i>tinsel lead</i> dan pelilitan kawat <i>coil</i>	1	7,91
3	B-3	Penyolderan <i>rivet</i>	2	3,43
4	B-4	Pemotongan <i>rivet</i>	3	3,5
5	B-5	Pembentukan sudut <i>tinsel lead</i>	4	3,42
6	B-6	Penyolderan terminal	5	3,39
7	B-7	Pemotongan <i>tinsel lead</i> dan drop <i>speaker</i>	6	3,5
8	B-8	Pengeleman <i>dustcup</i>	7	4,2
9	B-9	Pengeleman <i>rivet</i>	8	4,13
10	B-10	Pemasangan <i>dustcup</i>	9	4
11	B-11	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	10	3
12	B-12	Pengeringan di rel konveyor	11	0,67
13	B-13	Persiapan <i>charge magnet</i>	12	4,3
14	B-14	<i>Charge magnet</i>	13	4,3
15	B-15	Pengetesan suara dan pemberian stempel	14	7,98
16	B-16	Pemasangan stiker	15	3,79
17	B-17	Pembungkusan <i>speaker</i> dengan plastik	16	4,36
18	B-18	Pembuatan IB / <i>Gift Box</i>	-	3,82
19	B-19	Pemasukan <i>speaker</i> ke IB	17;18	4,3
20	B-20	Penekukan manual, pemberian manual karakter dan <i>screw gasket</i>	19	3,2
21	B-21	Pengisolasian IB	20	3,97
22	B-22	Pembuatan dan pemasangan stiker OB	-	7,98
23	B-23	Pemasukan <i>speaker</i> ke OB	21;22	7,96
24	B-24	<i>Packing</i> dan stempel OB	23	4

Presedensi dapat divisualisasikan dalam *Precedence Diagram* yang terlihat pada Gambar 4.30 dan Gambar 4.31.

4.5.1.3. Operasi dengan Mesin

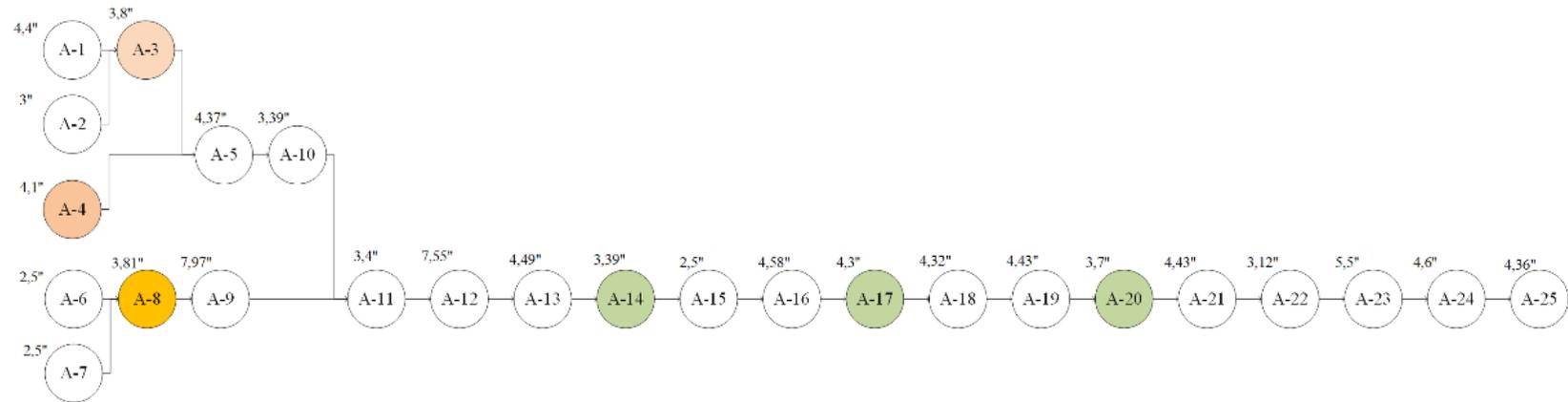
Operasi yang dikerjakan dengan mesin menjadi batasan lain dalam penyusunan *line balancing*. Hal ini karena mesin yang digunakan harus dioperasikan secara penuh oleh operator dan sulit untuk digabungkan dengan operasi lain karena pergerakan operator yang terhambat. Berdasarkan hasil *brainstorming* dengan *stakeholder* yang ada di Lini Perakitan 1, operasi selain yang menggunakan mesin dapat digabungkan dengan operasi lain selama memenuhi batasan waktu siklus dan presedensi. Operasi yang menggunakan mesin ditunjukkan dengan operasi yang memiliki warna yang berbeda pada Tabel 4.23 dan Tabel 4.24 di atas. Rekapitulasi operasi dengan mesin ditunjukkan dengan Tabel 4.25.

Tabel 4. 25 Rekapitulasi Operasi dengan Mesin

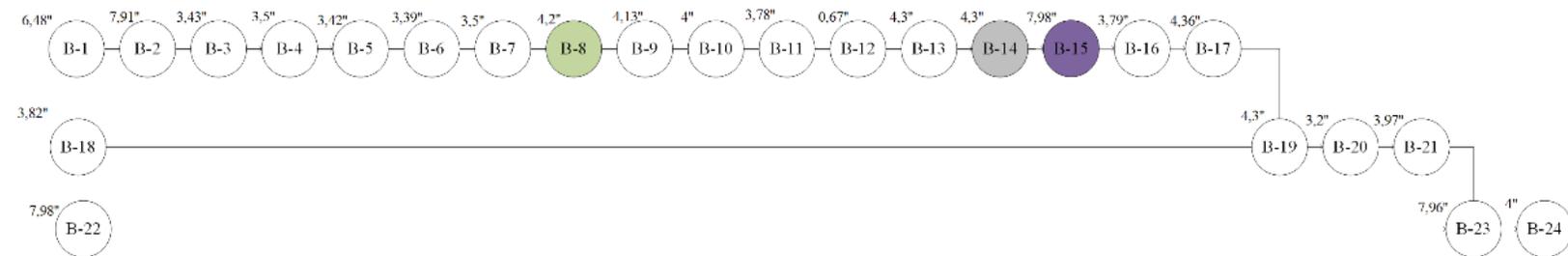
No.	Kode	Operasi	Waktu Operasi (Detik)
1	A-3	Pengelingan <i>top plate</i> dan <i>chassis</i>	3,8
2	A-4	Pengelingan terminal	4,1
3	A-8	Pengeleman magnet dan <i>yoke</i>	3,81
4	A-14	Pengeleman <i>spider</i> bawah dan pecahan keling	3,39
5	A-17	Pengeleman <i>conepaper</i> dan <i>voice coil</i> bawah	4,3
6	A-20	Pengeleman <i>voice coil</i> atas dan gasket	3,7
7	B-8	Pengeleman <i>dustcup</i>	4,2
8	B-14	<i>Charge</i> magnet	4,3
9	B-15	Pengetesan suara dan pemberian stempel	7,98

Keterangan:

Warna	Nama Mesin
	Mesin Keling <i>Top Plate</i> dan <i>Chassis</i>
	Mesin Keling Terminal
	Mesin Lem Jarum <i>Single</i>
	Mesin Lem Jarum <i>Double</i>
	Mesin <i>Magnetizer</i>
	Mesin <i>Sweeper Test</i>



Gambar 4. 30 *Precedence Diagram* Lini 1A



Gambar 4. 31 *Precedence Diagram* Lini 1B

4.5.1.4. Jumlah Stasiun Kerja Minimum

Dalam penyusunan *line balancing*, terdapat batasan jumlah stasiun kerja minimum. Perhitungan jumlah stasiun kerja minimum dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.5. Sehingga didapatkan jumlah stasiun kerja minimum sebagai berikut:

$$w^*1A = \frac{104,51}{8}$$

$$w^*1A = 13,07 \approx 14 \text{ stasiun kerja}$$

$$w^*1B = \frac{108,37}{8}$$

$$w^*1B = 13,55 \approx 14 \text{ stasiun kerja}$$

Sehingga nilai stasiun kerja minimum untuk Lini 1A dan 1B masing-masing sebanyak 14 stasiun kerja. Penyusunan stasiun kerja menggunakan *line balancing* harus berjumlah sama dengan atau lebih dari 14 stasiun kerja.

4.6. Pengolahan Data *Line Balancing* Metode *Largest Candidate Rule*

Pada subbab ini akan dilakukan *line balancing* menggunakan Metode *Largest Candidate Rule* (LCR). Proses yang dilakukan dimulai dari mengurutkan operasi berdasarkan nilai waktu operasi dari yang terbesar hingga yang terkecil. Selanjutnya dilakukan penyusunan stasiun kerja dengan memperhatikan batasan waktu siklus, presedensi dan operasi yang menggunakan mesin.

4.6.1. Urutan Operasi Berdasarkan Waktu Operasi

Urutan operasi berdasarkan waktu operasi ditunjukkan dengan Tabel 4.26 dan Tabel 4.27 sebagai berikut:

Tabel 4. 26 Urutan Waktu Operasi Lini 1A

No	Kode	Operasi	Predecessor	Waktu Proses (Detik)
9	A-9	Penggabungan magnet + yoke dan Pemasangan <i>center yoke</i>	8	7,97

Tabel 4. 26 Urutan Waktu Operasi Lini 1A (Lanjutan)

No	Kode	Operasi	Predecessor	Waktu Proses (Detik)
12	A-12	Pembersihan debu dan Pencabutan <i>center yoke</i>	11	7,55
23	A-23	Pelepasan kawat <i>voice coil</i>	22	5,5
24	A-24	Pemasangan mal gasket	23	4,6
16	A-16	Pemasangan <i>voice coil</i> ke <i>voice coil gauge</i>	15	4,58
13	A-13	Pembersihan dengan <i>absorber</i>	12	4,49
19	A-19	Pemasangan <i>conepaper</i>	18	4,43
21	A-21	Persiapan gasket	20	4,43
1	A-1	Pembersihan <i>top plate</i>	-	4,4
5	A-5	Pembersihan sisa kelingan	3;4	4,37
25	A-25	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	24	4,36
18	A-18	Persiapan <i>conepaper</i>	17	4,32
17	A-17	Pengeleman <i>conepaper</i> dan <i>voice coil</i> bawah	16	4,3
4	A-4	Pengelingan terminal	-	4,1
8	A-8	Pengeleman magnet dan <i>yoke</i>	6;7	3,81
3	A-3	Pengelingan <i>top plate</i> dan <i>chassis</i>	1;2	3,8
20	A-20	Pengeleman <i>voice coil</i> atas dan gasket	19	3,7
11	A-11	Penggabungan magnet <i>assembly</i> dan <i>chassis assembly</i>	9;10	3,4
10	A-10	Pengeleman <i>top plate</i> dan <i>chassis assembly</i>	5	3,39
14	A-14	Pengeleman <i>spider</i> bawah dan pecahan keling	13	3,39
22	A-22	Pemasangan gasket	21	3,12
2	A-2	Persiapan <i>chassis</i>	-	3
6	A-6	Pembersihan magnet dan pelepasan sekat	-	2,5
7	A-7	Pembersihan <i>yoke</i>	-	2,5
15	A-15	Pemasangan <i>spider</i> dan <i>voice coil</i> ke <i>chassis</i>	14	2,5

Tabel 4. 27 Urutan Waktu Operasi Lini 1B

No	Kode	Operasi	Predecessor	Waktu Proses (Detik)
15	B-15	Pengetesan suara dan pemberian stempel	14	7,98
22	B-22	Pembuatan dan pemasangan stiker OB	-	7,98

Tabel 4. 27 Urutan Waktu Operasi Lini 1B (Lanjutan)

No	Kode	Operasi	Predecessor	Waktu Proses (Detik)
23	B-23	Pemasukan <i>speaker</i> ke OB	21;22	7,96
2	B-2	Pemasangan <i>tinsel lead</i> dan pelilitan kawat <i>coil</i>	1	7,91
1	B-1	Peletakan <i>speaker</i> pada konveyor dan pencabutan <i>voice coil gauge</i>	-	6,48
17	B-17	Pembungkusan <i>speaker</i> dengan plastik	16	4,36
13	B-13	Persiapan <i>charge magnet</i>	12	4,3
14	B-14	<i>Charge magnet</i>	13	4,3
19	B-19	Pemasukan <i>speaker</i> ke IB	17;18	4,3
8	B-8	Pengeleman <i>dustcup</i>	7	4,2
9	B-9	Pengeleman <i>rivet</i>	8	4,13
10	B-10	Pemasangan <i>dustcup</i>	9	4
24	B-24	<i>Packing</i> dan stempel OB	23	4
21	B-21	Pengisolasian IB	20	3,97
18	B-18	Pembuatan IB / <i>Gift Box</i>	-	3,82
16	B-16	Pemasangan stiker	15	3,79
11	B-11	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	10	3,78
4	B-4	Pemotongan <i>rivet</i>	3	3,5
7	B-7	Pemotongan <i>tinsel lead</i> dan drop <i>speaker</i>	6	3,5
3	B-3	Penyolderan <i>rivet</i>	2	3,43
5	B-5	Pembentukan sudut <i>tinsel lead</i>	4	3,42
6	B-6	Penyolderan terminal	5	3,39
20	B-20	Penekukan manual, pemberian manual karakter dan <i>screw gasket</i>	19	3,2
12	B-12	Pengeringan di rel konveyor	11	0,67

4.6.2. Penempatan Stasiun Kerja dengan Metode LCR

Penempatan stasiun kerja dengan Metode LCR ditunjukkan dengan Tabel 4.28 dan Tabel 4.29 sebagai berikut:

Tabel 4. 28 Stasiun Kerja Lini 1A Metode LCR

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	Waktu Stasiun
1	A-1	4,4	7,4
	A-2	3	
2	A4	4,1	4,1

Tabel 4. 28 Stasiun Kerja Lini 1A Metode LCR (Lanjutan)

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	Waktu Stasiun
3	A-3	3,8	3,8
4	A-5	4,37	7,76
	A-10	3,39	
5	A-6	2,5	5
	A-7	2,5	
6	A-8	3,81	3,81
7	A-9	7,97	7,97
8	A-11	3,4	3,4
9	A-12	7,55	7,55
10	A-13	4,49	4,49
11	A-14	3,39	3,39
12	A-15	2,5	7,08
	A-16	4,58	
13	A-17	4,3	4,3
14	A-18	4,32	4,32
15	A-19	4,43	4,43
16	A-20	3,7	3,7
17	A-21	4,43	4,43
18	A-22	3,12	3,12
19	A-23	5,5	5,5
20	A,24	4,6	4,6
21	A-25	4,36	4,36

Tabel 4. 29 Stasiun Kerja Lini 1B Metode LCR

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	Waktu Stasiun
1	B-22	7,98	7,98
2	B-1	6,48	6,48
3	B-2	7,91	7,91
4	B-18	3,82	7,25
	B-3	3,43	
5	B-4	3,5	6,92
	B-5	3,42	
6	B-6	3,39	6,89
	B-7	3,5	
7	B-8	4,2	4,2
8	B-9	4,13	4,13

Tabel 4. 29 Stasiun Kerja Lini 1B Metode LCR (Lanjutan)

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	Waktu Stasiun
9	B-10	4	7,78
	B-11	3,78	
10	B-12	0,67	4,97
	B-13	4,3	
11	B-14	4,3	4,3
12	B-15	7,98	7,98
13	B-16	3,79	3,79
14	B-17	4,36	4,36
15	B-19	4,3	7,5
	B-20	3,2	
16	B-21	3,97	3,97
17	B-23	7,96	7,96
18	B-24	4	4

Berdasarkan Tabel 4.28 dan Tabel 4.29 terlihat bahwa jumlah stasiun kerja yang dihasilkan melalui Metode LCR adalah 21 stasiun kerja pada Lini 1A dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,97 detik dan 18 stasiun kerja pada Lini 1B dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,98 detik. Sehingga didapatkan total stasiun kerja pada Lini Perakitan 1 sebanyak 39 stasiun kerja.

4.6.3. Performansi Lini Keseimbangan dengan Metode LCR

Performansi dihitung dari efisiensi lini keseimbangan 1A dan efisiensi lini keseimbangan 1B. Perhitungan efisiensi lini keseimbangan dihitung menggunakan Persamaan 2.8 ditunjukkan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1A} = \left(\frac{104,51}{21 \times 7,97} \right) \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1A} = 62,4\%$$

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1B} = \left(\frac{108,37}{18 \times 7,98} \right) \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1B} = 75,4\%$$

Performansi lini keseimbangan berdasarkan metode LCR adalah 62,4% dan 75,4%.

4.7. Pengolahan Data *Line Balancing* Metode *Killbridge and Wester*

Pada subbab ini akan dilakukan *line balancing* menggunakan *Killbridge and Wester Method* (KWM). Proses yang dilakukan dimulai dari mengelompokkan operasi ke dalam kolom-kolom yang diberi kode alfabet berdasarkan urutan pada *precedence diagram*. Sebagai contoh Operasi A-1 terletak pada Kolom A. Selanjutnya operasi-operasi ini diurutkan berdasarkan kolom dari depan ke belakang. Selanjutnya dilakukan penyusunan stasiun kerja dengan memperhatikan batasan waktu siklus, presedensi dan operasi yang menggunakan mesin.

Pembagian kolom untuk operasi pada Lini 1A dan 1B ditunjukkan dengan Gambar 4.32 dan Gambar 4.33.

4.7.1. Urutan Operasi Berdasarkan Kolom

Urutan operasi berdasarkan kolom ditunjukkan dengan Tabel 4.30 dan Tabel 4.31 sebagai berikut:

Tabel 4. 30 Urutan Operasi Berdasarkan Kolom Lini 1A

No	Kode	Operasi	Predecessor	Waktu Operasi (Detik)	Kolom
1	A-1	Pembersihan <i>top plate</i>	-	4,4	A
2	A-2	Persiapan <i>chassis</i>	-	3	A
4	A-4	Pengelingan terminal	-	4,1	A
6	A-6	Pembersihan magnet dan pelepasan sekat	-	2,5	A
7	A-7	Pembersihan <i>yoke</i>	-	2,5	A
3	A-3	Pengelingan <i>top plate</i> dan <i>chassis</i>	1;2	3,8	B
8	A-8	Pengeleman magnet dan <i>yoke</i>	6;7	3,81	B
5	A-5	Pembersihan sisa kelingan	3;4	4,37	C
9	A-9	Penggabungan magnet + <i>yoke</i> dan Pemasangan <i>center yoke</i>	8	7,97	C--D
10	A-10	Pengeleman <i>top plate</i> dan <i>chassis assembly</i>	5	3,39	D

Tabel 4. 30 Urutan Operasi Berdasarkan Kolom Lini 1A (Lanjutan)

No	Kode	Operasi	Predecessor	Waktu Operasi (Detik)	Kolom
11	A-11	Penggabungan magnet <i>assembly</i> dan <i>chassis assembly</i>	9;10	3,4	E
12	A-12	Pembersihan debu dan Pencabutan <i>center yoke</i>	11	7,55	F
13	A-13	Pembersihan dengan <i>absorber</i>	12	4,49	G
14	A-14	Pengeleman <i>spider</i> bawah dan pecahan keling	13	3,39	H
15	A-15	Pemasangan <i>spider</i> dan <i>voice coil</i> ke <i>chassis</i>	14	2,5	I
16	A-16	Pemasangan <i>voice coil</i> ke <i>voice coil gauge</i>	15	4,58	J
17	A-17	Pengeleman <i>conepaper</i> dan <i>voice coil</i> bawah	16	4,3	K
18	A-18	Persiapan <i>conepaper</i>	17	4,32	L
19	A-19	Pemasangan <i>conepaper</i>	18	4,43	M
20	A-20	Pengeleman <i>voice coil</i> atas dan gasket	19	3,7	N
21	A-21	Persiapan gasket	20	4,43	O
22	A-22	Pemasangan gasket	21	3,12	P
23	A-23	Pelepasan kawat <i>voice coil</i>	22	5,5	Q
24	A-24	Pemasangan mal gasket	23	4,6	R
25	A-25	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	24	4,36	S

Tabel 4. 31 Urutan Operasi Berdasarkan Kolom Lini 1B

No.	Kode	Operasi	Predecessor	Waktu Operasi (Detik)	Kolom
1	B-1	Peletakan <i>speaker</i> pada konveyor dan pencabutan <i>voice coil gauge</i>	-	6,48	A
18	B-18	Pembuatan IB / <i>Gift Box</i>	-	3,82	A--Q
22	B-22	Pembuatan dan pemasangan stiker OB	-	7,98	A--T
2	B-2	Pemasangan <i>tinsel lead</i> dan pelilitan kawat <i>coil</i>	1	7,91	B
3	B-3	Penyolderan <i>rivet</i>	2	3,43	C
4	B-4	Pemotongan <i>rivet</i>	3	3,5	D
5	B-5	Pembentukan sudut <i>tinsel lead</i>	4	3,42	E
6	B-6	Penyolderan terminal	5	3,39	F
7	B-7	Pemotongan <i>tinsel lead</i> dan drop <i>speaker</i>	6	3,5	G

Tabel 4. 31 Urutan Operasi Berdasarkan Kolom Lini 1B (Lanjutan)

No.	Kode	Operasi	Predecessor	Waktu Operasi (Detik)	Kolom
8	B-8	Pengeleman <i>dustcup</i>	7	4,2	H
9	B-9	Pengeleman <i>rivet</i>	8	4,13	I
10	B-10	Pemasangan <i>dustcup</i>	9	4	J
11	B-11	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	10	3,78	K
12	B-12	Pengeringan di rel konveyor	11	0,67	L
13	B-13	Persiapan <i>charge</i> magnet	12	4,3	M
14	B-14	<i>Charge</i> magnet	13	4,3	N
15	B-15	Pengetesan suara dan pemberian stempel	14	7,98	O
16	B-16	Pemasangan stiker	15	3,79	P
17	B-17	Pembungkusan <i>speaker</i> dengan plastik	16	4,36	Q
19	B-19	Pemasukan <i>speaker</i> ke IB	17;18	4,3	R
20	B-20	Penekukan manual, pemberian manual karakter dan <i>screw</i> gasket	19	3,2	S
21	B-21	Pengisolasian IB	20	3,97	T
23	B-23	Pemasukan <i>speaker</i> ke OB	21;22	7,96	U
24	B-24	<i>Packing</i> dan stempel OB	23	4	V

4.7.2. Penempatan Stasiun Kerja dengan Metode KWM

Penempatan stasiun kerja dengan Metode KWM ditunjukkan dengan Tabel 4.32 dan Tabel 4.33.

Tabel 4. 32 Stasiun Kerja Lini 1A Metode KWM

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	Waktu Stasiun
1	A-1	4,4	7,4
	A-2	3	
2	A-4	4,1	4,1
3	A-6	2,5	5
	A-7	2,5	
4	A-3	3,8	3,8
5	A-8	3,81	3,81

Tabel 4. 32 Stasiun Kerja Lini 1A Metode KWM (Lanjutan)

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	Waktu Stasiun
6	A-5	4,37	7,76
	A-10	3,39	
7	A-9	7,97	7,97
8	A-11	3,4	3,4
9	A-12	7,55	7,55
10	A-13	4,49	4,49
11	A-14	3,39	3,39
12	A-15	2,5	7,08
	A-16	4,58	
13	A-17	4,3	4,3
14	A-18	4,32	4,32
15	A-19	4,43	4,43
16	A-20	3,7	3,7
17	A-21	4,43	7,55
	A-22	3,12	
18	A-23	5,5	5,5
19	A-24	4,6	4,6
20	A-25	4,36	4,36

Tabel 4. 33 Stasiun Kerja Lini 1B Metode KWM

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	Waktu Stasiun
1	B-1	6,48	6,48
2	B-18	3,82	3,82
3	B-22	7,98	7,98
4	B-2	7,91	7,91
5	B-3	3,43	6,93
	B-4	3,5	
6	B-5	3,42	6,81
	B-6	3,39	
7	B-7	3,5	3,5
8	B-8	4,2	4,2
9	B-9	4,13	4,13
10	B-10	4	7,78
	B-11	3,78	
11	B-12	0,67	4,97
	B-13	4,3	
12	B-14	4,3	4,3

Tabel 4. 33 Stasiun Kerja Lini 1B Metode KWM (Lanjutan)

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	Waktu Stasiun
13	B-15	7,98	7,98
14	B-16	3,79	3,79
15	B-17	4,36	4,36
16	B-19	4,3	7,5
	B-20	3,2	
17	B-21	3,97	3,97
18	B-23	7,96	7,96
19	B-24	4	4

Berdasarkan Tabel 4.32 dan Tabel 4.33 terlihat bahwa jumlah stasiun kerja yang dihasilkan melalui Metode KWM adalah 20 stasiun kerja pada Lini 1A dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,97 detik dan 19 stasiun kerja pada Lini 1B dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,98 detik. Sehingga didapatkan total stasiun kerja pada Lini Perakitan 1 sebanyak 39 stasiun kerja.

4.7.3. Performansi Lini Keseimbangan dengan Metode KWM

Performansi dihitung dari efisiensi lini keseimbangan 1A dan efisiensi lini keseimbangan 1B. Perhitungan efisiensi lini keseimbangan dihitung menggunakan Persamaan 2.8 ditunjukkan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1A} = \left(\frac{104,51}{20 \times 7,97} \right) \times 100\%$$

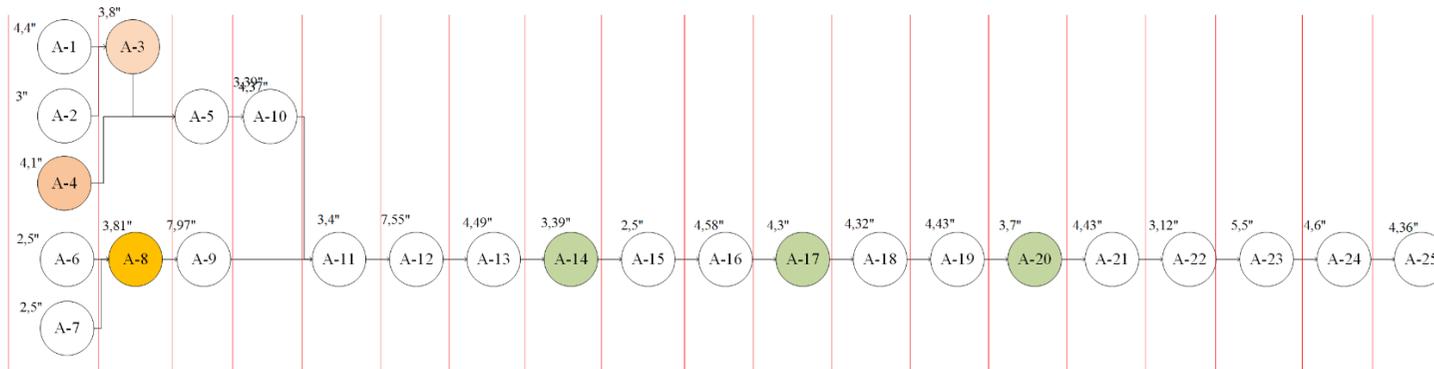
$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1A} = 65,6\%$$

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1B} = \left(\frac{108,37}{19 \times 7,98} \right) \times 100\%$$

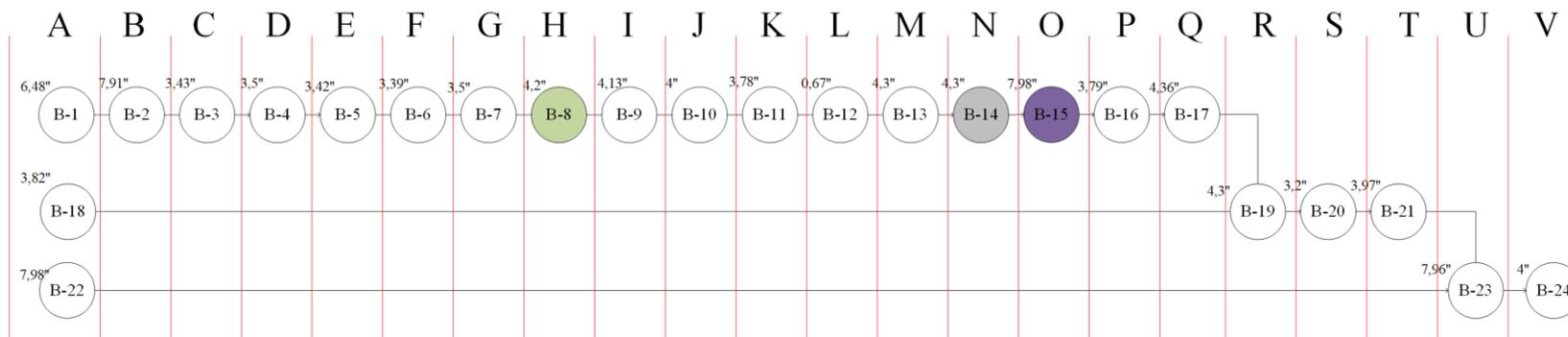
$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1B} = 71,5\%$$

Performansi kondisi *line balancing* dengan metode KWM adalah 65,6% dan 71,5%.

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S



Gambar 4. 32 Pembagian Kolom Lini 1A



Gambar 4. 33 Pembagian Kolom Lini 1B

4.8. Pengolahan Data *Line Balancing* Metode *Ranked Positional Weights*

Pada subbab ini akan dilakukan *line balancing* menggunakan Metode *Ranked Positional Weights* (RPW). Proses pertama yang dilakukan adalah menghitung nilai bobot setiap operasi. Perhitungan bobot dilakukan dengan menjumlahkan waktu operasi milik operasi tertentu dengan waktu operasi milik operasi lain yang mengikutinya sepanjang rantai pada *precedence diagram*. Contohnya bobot untuk Operasi A-24 yang hanya diikuti Operasi A-25 adalah penjumlahan waktu operasinya yaitu 4,6 detik dengan waktu Operasi A-25 yaitu 4,36 detik sehingga bobot Operasi A-24 adalah 8,96. Selanjutnya dilakukan penyusunan stasiun kerja dengan memperhatikan batasan waktu siklus, presedensi dan operasi yang menggunakan mesin.

4.8.1. Urutan Operasi Berdasarkan RPW

Urutan operasi berdasarkan bobot dari yang terbesar hingga terkecil ditunjukkan dengan Tabel 4.34 dan Tabel 4.35 sebagai berikut:

Tabel 4. 34 Urutan Operasi Berdasarkan RPW Lini 1A

No	Kode	Operasi	Predesesor	Waktu Operasi (Detik)	RPW
1	A-1	Pembersihan <i>top plate</i>	-	4,4	80,63
2	A-2	Persiapan <i>chassis</i>	-	3	79,23
6	A-6	Pembersihan magnet dan pelepasan sekat	-	2,5	78,95
7	A-7	Pembersihan <i>yoke</i>	-	2,5	78,95
4	A-4	Pengelingan terminal	-	4,1	76,53
8	A-8	Pengeleman magnet dan <i>yoke</i>	6;7	3,81	76,45
3	A-3	Pengelingan <i>top plate</i> dan <i>chassis</i>	1;2	3,8	76,23
9	A-9	Penggabungan magnet + <i>yoke</i> dan Pemasangan <i>center yoke</i>	8	7,97	72,64
5	A-5	Pembersihan sisa kelingan	3;4	4,37	72,43
10	A-10	Pengeleman <i>top plate</i> dan <i>chassis assembly</i>	5	3,39	68,06
11	A-11	Penggabungan magnet <i>assembly</i> dan <i>chassis assembly</i>	9;10	3,4	64,67

Tabel 4. 34 Urutan Operasi Berdasarkan RPW Lini 1A (Lanjutan)

No.	Kode	Operasi	Predecessor	Waktu Operasi (Detik)	RPW
12	A-12	Pembersihan debu dan Pencabutan <i>center yoke</i>	11	7,55	61,27
13	A-13	Pembersihan dengan <i>absorber</i>	12	4,49	53,72
14	A-14	Pengeleman <i>spider</i> bawah dan pecahan keling	13	3,39	49,23
15	A-15	Pemasangan <i>spider</i> dan <i>voice coil</i> ke <i>chassis</i>	14	2,5	45,84
16	A-16	Pemasangan <i>voice coil</i> ke <i>voice coil gauge</i>	15	4,58	43,34
17	A-17	Pengeleman <i>conepaper</i> dan <i>voice coil</i> bawah	16	4,3	38,76
18	A-18	Persiapan <i>conepaper</i>	17	4,32	34,46
19	A-19	Pemasangan <i>conepaper</i>	18	4,43	30,14
20	A-20	Pengeleman <i>voice coil</i> atas dan gasket	19	3,7	25,71
21	A-21	Persiapan gasket	20	4,43	22,01
22	A-22	Pemasangan gasket	21	3,12	17,58
23	A-23	Pelepasan kawat <i>voice coil</i>	22	5,5	14,46
24	A-24	Pemasangan mal gasket	23	4,6	8,96
25	A-25	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	24	4,36	4,36

Tabel 4. 35 Urutan Operasi Berdasarkan RPW Lini 1B

No.	Kode	Operasi	Predecessor	Waktu Operasi (Detik)	RPW
1	B-1	Peletakan <i>speaker</i> pada konveyor dan pencabutan <i>voice coil gauge</i>	-	6,48	96,57
2	B-2	Pemasangan <i>tinsel lead</i> dan pelilitan kawat <i>coil</i>	1	7,91	90,09
3	B-3	Penyolderan <i>rivet</i>	2	3,43	82,18
4	B-4	Pemotongan <i>rivet</i>	3	3,5	78,75
5	B-5	Pembentukan sudut <i>tinsel lead</i>	4	3,42	75,25
6	B-6	Penyolderan terminal	5	3,39	71,83
7	B-7	Pemotongan <i>tinsel lead</i> dan drop <i>speaker</i>	6	3,5	68,44
8	B-8	Pengeleman <i>dustcup</i>	7	4,2	64,94
9	B-9	Pengeleman <i>rivet</i>	8	4,13	60,74
10	B-10	Pemasangan <i>dustcup</i>	9	4	56,61

Tabel 4. 35 Urutan Operasi Berdasarkan RPW Lini 1B (Lanjutan)

No	Kode	Operasi	Predecessor	Waktu Operasi (Detik)	RPW
11	B-11	Peletakan <i>speaker</i> ke <i>multiplek</i>	10	3,78	52,61
12	B-12	Pengeringan di rel konveyor	11	0,67	48,83
13	B-13	Persiapan <i>charge magnet</i>	12	4,3	48,16
14	B-14	<i>Charge magnet</i>	13	4,3	43,86
15	B-15	Pengetesan suara dan pemberian stempel	14	7,98	39,56
16	B-16	Pemasangan stiker	15	3,79	31,58
17	B-17	Pembungkusan <i>speaker</i> dengan plastik	16	4,36	27,79
18	B-18	Pembuatan IB / <i>Gift Box</i>	-	3,82	27,25
19	B-19	Pemasukan <i>speaker</i> ke IB	17;18	4,3	23,43
22	B-22	Pembuatan dan pemasangan stiker OB	-	7,98	19,94
20	B-20	Penekukan manual, pemberian manual karakter dan <i>screw gasket</i>	19	3,2	19,13
21	B-21	Pengisolasian IB	20	3,97	15,93
23	B-23	Pemasukan <i>speaker</i> ke OB	21;22	7,96	11,96
24	B-24	<i>Packing</i> dan stempel OB	23	4	4

4.8.2. Penempatan Stasiun Kerja dengan Metode RPW

Penempatan stasiun kerja dengan Metode RPW ditunjukkan dengan Tabel 4.36 dan Tabel 4.37 sebagai berikut:

Tabel 4. 36 Stasiun Kerja Lini 1A Metode RPW

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	Waktu Stasiun
1	A-1	4,4	7,4
	A-2	3	
2	A-6	2,5	5
	A-7	2,5	
3	A-4	4,1	4,1
4	A-8	3,81	3,81
5	A-3	3,8	3,8
6	A-9	7,97	7,97
7	A-5	4,37	7,76
	A-10	3,39	

Tabel 4. 36 Stasiun Kerja Lini 1A Metode RPW (Lanjutan)

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	Waktu Stasiun
8	A-11	3,4	3,4
9	A-12	7,55	7,55
10	A-13	4,49	4,49
11	A-14	3,39	3,39
12	A-15	2,5	7,08
	A-16	4,58	
13	A-17	4,3	4,3
14	A-18	4,32	4,32
15	A-19	4,43	4,43
16	A-20	3,7	3,7
17	A-21	4,43	7,55
	A-22	3,12	
18	A-23	5,5	5,5
19	A-24	4,6	4,6
20	A-25	4,36	4,36

Tabel 4. 37 Stasiun Kerja Lini 1B Metode RPW

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	Waktu Stasiun
1	B-1	6,48	6,48
2	B-2	7,91	7,91
3	B-3	3,43	6,93
	B-4	3,5	
4	B-5	3,42	6,81
	B-6	3,39	
5	B-7	3,5	7,32
	B-18	3,82	
6	B-8	4,2	4,2
7	B-9	4,13	4,13
8	B-10	4	7,78
	B-11	3,78	
9	B-12	0,67	4,97
	B-13	4,3	
10	B-14	4,3	4,3
11	B-15	7,98	7,98
12	B-16	3,79	3,79
13	B-17	4,36	4,36
14	B-19	4,3	4,3

Tabel 4. 37 Stasiun Kerja Lini 1B Metode RPW (Lanjutan)

Stasiun	Operasi	Waktu Operasi	Waktu Stasiun
15	B-20	7,98	7,98
16	B-21	3,2	7,17
	B-22	3,97	
17	B-23	7,96	7,96
18	B-24	4	4

Berdasarkan Tabel 4.36 dan Tabel 4.37 terlihat bahwa jumlah stasiun kerja yang dihasilkan melalui Metode RPW adalah 20 stasiun kerja pada Lini 1A dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,97 detik dan 18 stasiun kerja pada Lini 1B dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,98 detik. Sehingga didapatkan total stasiun kerja pada Lini Perakitan 1 sebanyak 38 stasiun kerja.

4.8.3. Performansi Lini Keseimbangan dengan Metode RPW

Performansi dihitung dari efisiensi lini keseimbangan 1A dan efisiensi lini keseimbangan 1B. Perhitungan efisiensi lini keseimbangan dihitung menggunakan Persamaan 2.8 ditunjukkan sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1A} = \left(\frac{104,51}{20 \times 7,97} \right) \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1A} = 65,6\%$$

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1B} = \left(\frac{108,37}{18 \times 7,98} \right) \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Lini Keseimbangan 1B} = 75,4\%$$

Performansi lini keseimbangan berdasarkan Metode RPW adalah 65,6% dan 75,4%.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

ANALISIS DAN PERBAIKAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis hasil pengolahan data dan alternatif perbaikan yang disarankan. Analisis terdiri dari analisis proses perakitan *speaker*, analisis kondisi eksisting, analisis kondisi setelah perbaikan metode kerja dan analisis *line balancing*. Sedangkan analisis alternatif terdiri dari analisis setiap alternatif perbaikan dan pemilihan alternatif terbaik menggunakan *Value Engineering*.

5.1. Analisis Proses Perakitan *Speaker*

Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah *speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK yang merupakan produk yang paling banyak diproduksi selama Tahun 2018. Perakitan *Speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK dilakukan di Lini Perakitan 1 Perusahaan *Speaker*. Penelitian ini bersifat *local optimum* karena hanya mengamati satu tipe *speaker* yang diproduksi di Lini Perakitan 1. Lini ini merupakan lini yang dikhususkan untuk perakitan produk *general speaker* yang ditujukan untuk pasar domestik. Berbeda dengan lini perakitan untuk produk ekspor yang sudah menggunakan mesin otomatis, operasi yang dilakukan di Lini Perakitan 1 masih bersifat manual. Walaupun dalam beberapa operasi sudah dibantu dengan penggunaan mesin.

Lini Perakitan 1 sendiri dibagi menjadi dua lini kecil yaitu Lini 1A dan Lini 1B. Di antara kedua lini ini terdapat proses pengeringan lem yang menghabiskan waktu selama 5 jam. Waktu 5 jam ini dianggap sebagai waktu non produktif untuk produksi *speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK sehingga tidak dimasukkan dalam perhitungan. Lini 1A terdiri dari 25 operasi yaitu pembersihan *top plate*, persiapan *chassis*, pengelangan *top plate* dan *chassis*, pengelangan terminal, pembersihan sisa kelingan, pembersihan magnet dan pelepasan sekat, pembersihan *yoke*, pengeleman magnet dan *yoke*, penggabungan magnet + *yoke* dan pemasangan *center yoke*, pengeleman *top plate* dan *chassis assembly*, penggabungan magnet *assembly* dan *chassis assembly*, pembersihan debu dan

pencabutan *center yoke*, pembersihan dengan *absorber*, pengeleman spider bawah dan pecahan keling, pemasangan spider dan *voice coil* ke *chassis*, pemasangan *voice coil* ke *voice coil gauge*, pengeleman *conepaper* dan *voice coil* bawah, persiapan *conepaper*, pemasangan *conepaper*, pengeleman *voice coil* atas dan gasket, persiapan gasket, pemasangan gasket, pelepasan kawat *voice coil* pemasangan mal gasket dan peletakan speaker ke multiplek. Sedangkan Lini 1B terdiri dari 24 operasi yaitu peletakan *speaker* pada konveyor dan pencabutan *voice coil gauge*, pemasangan *tinsel lead* dan pelilitan kawat *coil*, penyolderan rivet, pemotongan rivet, pembentukan sudut *tinsel lead*, penyolderan terminal, pemotongan *tinsel lead* dan *drop speaker*, pengeleman *dustcup*, pengeleman rivet, pemasangan *dustcup*, peletakan *speaker* ke *multiplek*, pengeringan di rel konveyor, persiapan *charge magnet*, *charge magnet*, pengetesan suara dan pemberian stempel, pemasangan stiker, pembungkusan *speaker* dengan plastik, pembuatan *gift box*, pemasukan *speaker* ke *gift box*, penekukan manual, pemberian manual karakter dan *screw gasket*, pengisolasian *gift box*, pembuatan dan pemasangan stiker *outbox*, pemasukan *speaker* ke *outbox* dan *packing* dan stempel *outbox*.

Alokasi operator pada setiap operasi pada umumnya adalah satu operasi dikerjakan oleh satu operator. Namun terdapat beberapa operasi yang dikerjakan oleh lebih dari satu orang. Operasi tersebut adalah pembersihan debu dan Pencabutan *center yoke*, pemasangan *voice coil* ke *voice coil gauge*, peletakan *speaker* ke *multiplek*, penyolderan *rivet*, pembentukan sudut *tinsel lead*, pembuatan *Gift Box*, pembuatan dan pemasangan stiker *outbox*, pemasukan *speaker* ke *outbox*, *packing* dan stempel *outbox* yang masing-masing dikerjakan oleh dua operator, operasi pemasangan gasket, pengetesan suara dan pemberian stempel yang dikerjakan oleh tiga operator serta operasi pemasangan *tinsel lead* dan pelilitan kawat *coil* yang dikerjakan oleh empat orang.

Operasi di Lini Perakitan 1 tidak keseluruhan dikerjakan secara manual. Terdapat beberapa operasi yang dikerjakan menggunakan mesin. Walaupun demikian, mesin yang digunakan tidak bersifat otomatis karena masih harus dioperasikan oleh operator secara penuh. Operasi yang menggunakan mesin antara lain operasi pengelingan *top plate* dan *chassis* yang menggunakan mesin keling, operasi pengeleman magnet dan *yoke*, pengeleman *spider* bawah dan pecahan

keling, pengeleman *conepaper* dan *voice coil* bawah, pengeleman *voice coil* atas dan gasket dan pengeleman *dustcup* yang menggunakan mesin lem, operasi *charge* magnet yang menggunakan mesin *magnetizer* serta operasi pengetesan suara dan pemberian stempel yang menggunakan mesin *sweeper test*.

Proses perakitan *speaker* divisualisasikan dalam Peta Proses Operasi. Waktu operasi yang dicantumkan dalam Peta Proses Operasi merupakan waktu standar yang dibagi dengan jumlah operator dalam satu operasi. Waktu standar diukur oleh perusahaan menggunakan *Stopwatch Time Study* yang telah mempertimbangkan performansi operator. Dengan operator yang telah terlatih dan berpengalaman, maka dapat diasumsikan performansi semua operator sama dan stabil sehingga operasi yang dikerjakan oleh lebih dari satu operator memiliki waktu yang seimbang antar satu operator dengan yang lain.

5.2. Analisis Kondisi Eksisting

Berdasarkan identifikasi proses perakitan *speaker*, dapat diketahui kondisi eksisting yang ada di Lini Perakitan 1. Waktu produksi tersedia *speaker* Tipe 12in ACR-1230 BLACK didapatkan dari waktu kerja dalam sehari dikurangi waktu istirahat dan waktu pengeringan. Dari waktu produksi tersedia, waktu yang produktif untuk adalah waktu produksi tersedia dikurangi waktu yang terbuang untuk kegiatan *housekeeping*, *setup* atau *changeover*.

Dalam satu hari, Perusahaan *Speaker* menetapkan jam kerja selama 9 jam yaitu mulai dari pukul 07.00-16.00 WIB. Waktu untuk melakukan *briefing* pagi dan istirahat adalah 1 jam. Sehingga waktu operasi terjadwal dalam setiap harinya adalah 8 jam per hari. Waktu operasi terjadwal ini dikurangi dengan waktu pengeringan selama 5 jam sehingga waktu produksi tersedia untuk satu tipe *speaker* adalah 3 jam. Selama waktu 5 jam untuk pengeringan *speaker* 12in ACR-1230 BLACK, Lini 1A digunakan untuk proses perakitan *speaker* tipe lain atau dilakukan proses *maintenance* untuk mesin keling dan mesin lem sehingga lini tidak sepenuhnya menganggur. Waktu produksi tersedia dikurangi kembali dengan waktu *non process* produksi seperti waktu *setup*, *changeover* dan *housekeeping* selama atau 0,25 jam, sehingga didapatkan waktu produksi sebesar 2,75 jam. Waktu *non process* lain seperti *breakdown* atau *maintenance* tidak dimasukkan ke dalam

waktu ini karena sudah termasuk ke dalam waktu selama 5 jam bersamaan dengan waktu pengeringan lem.

Dari waktu produksi dan waktu produksi tersedia, dilakukan perhitungan untuk efisiensi Lini Perakitan 1. Efisiensi lini sendiri menunjukkan berapa nilai *availabilitas* lini untuk melakukan proses produksi. Nilai efisiensi lini didapatkan sebesar 92%. Nilai efisiensi yang masih kurang dari 100% menunjukkan bahwa pada proses perakitan *speaker* 12in ACR-1230 BLACK, tidak semua waktu produksi yang tersedia digunakan untuk proses produksi. Hal ini terjadi karena adanya waktu untuk melakukan *setup, changeover* dari tipe lain ke tipe 12in ACR-1230 BLACK dan waktu untuk *housekeeping* dengan mempersiapkan lini perakitan agar bersih dan siap digunakan. Efisiensi lini digunakan untuk perhitungan waktu siklus.

Perhitungan selanjutnya adalah perhitungan laju produksi pada lini perakitan yang menunjukkan besarnya kapasitas lini perakitan untuk memproduksi berapa banyak unit dalam waktu yang tersedia. Perhitungan laju produksi dilakukan dengan membandingkan rata-rata permintaan harian dengan waktu produksi yang tersedia. Berdasarkan data historis Perusahaan *Speaker* Bulan Januari sampai November 2018, *speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK memiliki rata-rata permintaan harian sebesar 1.238 unit, sedangkan waktu produksi yang tersedia untuk satu tipe produk adalah 3 jam per hari sehingga didapatkan laju produksi sebesar 413 unit/jam. Itu artinya, Lini Perakitan 1 seharusnya mampu menghasilkan produk *speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK sebanyak 413 unit dalam waktu 1 jam. Pada keadaan yang sesungguhnya laju produksi tidak mencapai 413 unit/jam. Hal ini terjadi karena efisiensi lini yang tidak 100% melainkan hanya sebesar 92%.

Dari nilai laju produksi dan efisiensi lini, dapat dilakukan perhitungan waktu siklus. Waktu siklus merupakan waktu yang menunjukkan selang waktu untuk memindahkan satu unit pekerjaan dari awal sampai akhir. Nilai waktu siklus berbanding terbalik dengan laju produksi yang dikalikan dengan efisiensi lini. Waktu siklus yang dihasilkan dari perhitungan adalah 8 detik. Waktu ini akan menjadi waktu acuan untuk membuat keseimbangan lini. Tujuan dari keseimbangan lini adalah menyeimbangkan kecepatan produksi setiap stasiun kerja agar seimbang dengan waktu siklus sebesar 8 detik ini.

Pada kondisi eksisting, Perusahaan *Speaker* belum mengelompokkan operasi ke dalam stasiun kerja sehingga satu operasi dikerjakan oleh satu orang operator. Bahkan terdapat beberapa operasi yang dikerjakan oleh lebih dari satu operator. Pengalokasian jumlah operator ini dilihat berdasarkan waktu operasi, ketika waktu operasi dinilai terlalu panjang, perusahaan akan menambah operator. Dikarenakan belum dilakukan pengelompokan stasiun kerja, maka jumlah stasiun kerja disamakan dengan jumlah operasi yang ada di Lini Perakitan 1. Stasiun kerja pada Lini 1A adalah 25 stasiun dengan waktu stasiun terbesar adalah 11,45 detik dan waktu beban total adalah 97,67 detik. Sedangkan stasiun kerja pada Lini 1B adalah 24 stasiun dengan waktu stasiun terbesar adalah 6,48 detik dan waktu beban total adalah 86,39 detik. Jumlah operator pada Lini 1A sebanyak 36 orang sedangkan pada Lini 1B sebanyak 30 orang.

Efisiensi lini keseimbangan pada kondisi eksisting untuk Lini 1A adalah 34,12% sedangkan untuk Lini 1B adalah 55,55%. Nilai ini mengindikasikan bahwa lini perakitan kondisi eksisting memiliki performansi yang masih rendah. Efisiensi yang rendah menunjukkan bahwa perakitan masih belum seimbang dan memiliki banyak waktu yang *idle* sehingga perlu dilakukan perbaikan. Pada penelitian ini efisiensi lini keseimbangan dijadikan parameter performansi lini perakitan karena dapat menunjukkan seberapa baik kondisi suatu lini.

5.3. Analisis Kondisi Setelah Perbaikan Metode Kerja

Pada penelitian ini, *line balancing* yang digunakan adalah tipe *simple assembly line balancing* yang menggunakan *single operator*, sehingga waktu operasi dikembalikan kembali ke waktu operasi yang dikerjakan oleh satu operator dalam satu operasi. Waktu ini didapatkan dari waktu standar yang telah diukur perusahaan menggunakan *Stopwatch Time Study*. Seluruh operasi dikerjakan oleh satu orang berfungsi untuk memudahkan penempatan operasi pada stasiun kerja. Waktu operasi ini divisualisasikan dalam Gambar 4.26 dan Gambar 4.27 terlihat perbandingan waktu siklus, waktu operasi dan waktu *idle*.

Waktu siklus merupakan waktu yang dijadikan sebagai acuan untuk selang waktu pengerjaan satu unit kerja dari awal sampai akhir pada suatu stasiun kerja. Sedangkan waktu *idle* menunjukkan selisih antara waktu siklus dan waktu operasi.

Adanya waktu *idle* menjadi indikasi bahwa proses produksi belum seimbang karena masih banyak waktu menganggur untuk operator. Di sisi lain, terdapat beberapa indikasi lain proses produksi yang tidak seimbang yaitu dengan adanya *bottleneck*. Operasi *bottleneck* terlihat dari operasi yang memiliki waktu lebih dari waktu siklus. Operasi yang *bottleneck* memiliki waktu operasi yang melebihi kapasitas produksi yang dapat dilakukan oleh perusahaan, sehingga perlu dilakukan evaluasi agar sebisa mungkin waktu operasi tersebut dapat mendekati atau kurang dari waktu siklus.

Operasi yang *bottleneck* antara lain penggabungan magnet + *yoke* dan pemasangan *center yoke*, pemasangan *tinsel lead* dan pelilitan kawat *coil*, pengetesan suara dan pemberian stempel, pembuatan dan pemasangan stiker OB dan pemasukan *speaker* ke OB. Evaluasi yang dilakukan pada kelima operasi ini adalah perbaikan metode kerja dengan menerapkan prinsip-prinsip ekonomi gerakan pada operasi-operasi yang dikerjakan operator. Perbaikan ini dipilih karena dapat mempermudah operator dalam bekerja, tidak perlu mengeluarkan banyak biaya dan dapat mengurangi waktu operasi. Seperti yang diketahui bahwa operasi di Lini Perakitan 1 didominasi oleh pekerjaan yang dilakukan manusia sangat dipengaruhi oleh performansi operator yang mengerjakan sehingga perbaikan metode kerja merupakan solusi yang tepat.

Langkah yang digunakan dalam mengevaluasi metode kerja proses *bottleneck* terdiri dari identifikasi elemen kerja, penggambaran elemen kerja pada Peta Tangan Kiri dan Tangan Kanan atau Peta Pekerja Mesin dan perbaikan metode kerja menggunakan konsep pada ekonomi gerakan. Prinsip dari ekonomi gerakan adalah dengan menghindari tindakan yang tidak perlu, mendekatkan fasilitas kerja ke operator, mengoptimalkan penggunaan kedua tangan secara bersamaan dan menggunakan alat bantuan seperti *jig* dan *fixture*.

Pada Operasi Penggabungan Magnet + Yoke dan Pemasangan *Center yoke*, proses operasi dimulai dari operator mengambil magnet dan *yoke* dari konveyor lalu meletakkan magnet ke meja kerja yang ada di hadapan operator. Elemen kerja pemindahan magnet dan *yoke* ke meja kerja dapat dihilangkan dengan melakukan proses perakitan secara langsung di konveyor seperti pada Gambar 4.4, hal ini dapat terjadi karena benda kerja yang kecil dan tidak membutuhkan waktu

lama untuk dirakit. Dengan perbaikan ini waktu elemen kerja sebanyak 0,65 detik dapat dihilangkan.

Selanjutnya dilakukan proses perakitan magnet dan *yoke*. Pada aktivitas ini, tangan kiri lebih banyak menganggur karena hanya difungsikan untuk menahan *yoke*, namun hal ini tetap diperlukan agar magnet dan *yoke* dapat terakit dengan sempurna walaupun dikerjakan di konveyor secara langsung tanpa dipindahkan ke meja kerja yang lebih stabil. Operasi dilanjutkan dengan pemasangan *center yoke* di tengah antara hasil perakitan magnet dan *yoke*. *Center yoke* sendiri berfungsi sebagai *jig* agar *yoke* dapat bertahan di posisi tengah *speaker*. Selama ini, operator sering memutar *center yoke*, padahal kegiatan ini bersifat *non value added* atau tidak memberikan nilai tambah pada *speaker* sehingga dapat dihilangkan sesuai dengan prinsip ekonomi gerakan untuk menghindari operasi yang tidak diperlukan. Pemasangan *center yoke* cukup dilakukan dengan menekan *center yoke* di tengah-tengah *yoke*. Dari perbaikan ini waktu sebanyak 2,31 detik dapat dihilangkan. Hingga akhirnya waktu operasi dari 11,45 detik dapat berkurang menjadi 7,97 detik. Waktu ini sudah berada di bawah waktu siklus sehingga sudah tidak menjadi operasi *bottleneck*.

Operasi Pemasangan *Tinsel Lead* dan Pelilitan Kawat *Coil* dimulai dengan mengambil *speaker* dari konveyor lalu meletakkannya di meja kerja. Terdapat dua buah *tinsel lead* dan kawat *coil* yang terletak pada lokasi yang berdampingan. Pada kondisi eksisting, operasi yang dilakukan belum memaksimalkan penggunaan tangan kiri dan tangan kanan operator sehingga salah satu tangan akan menganggur ketika tangan yang lain bekerja. Operasi ini dapat dikurangi waktunya dengan mengoptimalkan penggunaan tangan kiri dan kanan yang bekerja secara bersamaan, yaitu ketika tangan kanan memasang *tinsel lead* sebelah kanan, tangan kiri juga memasang *tinsel lead* sebelah kiri. Pada umumnya, orang Indonesia lebih mudah menggunakan tangan kanan daripada tangan kiri sehingga waktu yang didapatkan dari hasil menyeimbangkan penggunaan tangan kiri dan tangan kanan adalah waktu eksisting yang dihasilkan oleh tangan kiri.

Untuk mengerjakan secara paralel, dibutuhkan bantuan meja kerja yang dapat menahan *speaker* agar tidak mudah bergeser. Meja kerja ini sudah dimiliki perusahaan sehingga tidak perlu dilakukan penambahan biaya investasi. Dengan

mengerjakan secara paralel untuk tangan kiri dan tangan kanan waktu operasi dapat dikurangi setengah dari kondisi awal.

Perbaikan lain adalah menghilangkan kegiatan yang tidak perlu dan tidak memberikan *value added* seperti elemen kerja meluruskan kawat *coil* dan elemen kerja menarik *tinsel lead* baik dari *conepaper* maupun dari terminal. Pelurusan kawat *coil* pada awalnya dilakukan dengan menarik kawat *coil* menggunakan pinset secara berulang-ulang hingga kawat *coil* menjadi lurus. Elemen kerja ini sudah tidak diperlukan karena kawat *coil* dapat langsung ditegakkan ketika memosisikan kawat *coil* sebelum dililitkan ke *tinsel lead* menggunakan pinset sehingga waktu operasi dapat berkurang. Sedangkan elemen kerja penarikan *tinsel lead* dari *conepaper* dan terminal dapat diganti dengan langsung mengarahkan *tinsel lead* ke lubang terminal dengan memperpanjang *tinsel lead* ketika dimasukkan ke dalam *conepaper* atau terminal. Dari perbaikan ini, operasi *bottleneck* dapat dihilangkan karena waktu operasi berkurang dari 24,4 detik menjadi 7,91 detik. Dikarenakan tidak terdapat referensi yang menunjukkan operasi ini, maka operasi ini diilustrasikan dengan Gambar 5.1 sebagai berikut:



Gambar 5. 1 Ilustrasi Operasi Pemasangan *Tinsel Lead* dan Pelilitan Kawat *Coil* (Perusahaan *Speaker*, 2018)

Pada Operasi Pengetesan Suara dan Pemberian Stempel, elemen kerja digambarkan dalam Peta Pekerja Mesin untuk menggambarkan waktu produktif dan waktu menganggur untuk operator dan mesin. Mesin yang digunakan berupa *sweeper test* yang berfungsi untuk melakukan inspeksi suara pada *speaker*. Walaupun menggunakan mesin, operasi ini lebih banyak didominasi pekerjaan operator yang dimulai dari proses persiapan pengetesan, pengetesan itu sendiri, proses setelah pengetesan dan pemberian stempel untuk memberikan keterangan pada produk apakah lulus tes suara atau tidak. Sedangkan mesin hanya berfungsi ketika melakukan pengetesan suara selama 1,5 detik.

Operasi ini dapat diperbaiki dengan menghilangkan kegiatan yang tidak memberikan *value added* dan tidak diperlukan seperti mengulur kabel dan meletakkan kabel kembali ke tempatnya. Kabel hanya perlu diletakkan berada di area yang mudah dijangkau operator karena akan digunakan secara berulang sehingga tidak perlu mengambil dan mengembalikan kabel secara berulang-ulang pula. Penerapan ekonomi gerakan pada perbaikan ini adalah meletakkan benda kerja maupun fasilitas kerja di area yang mudah dijangkau operator. Perbaikan lain yang dapat dilakukan adalah pengoptimalan penggunaan tangan kiri dan tangan kanan dalam proses pemasangan dan pencabutan capit buaya *sweeper test* ke *speaker*. Elemen kerja ini dapat dikerjakan oleh tangan kiri dan tangan kanan secara paralel sehingga waktu operasi dapat direduksi. Dari perbaikan ini waktu operasi dapat berkurang dari 12,4 detik menjadi 7,98 detik. Operasi ini sudah tidak menjadi operasi *bottleneck*.

Operasi Pembuatan dan Pemasangan Stiker OB ini dimulai dari elemen kerja mengambil *outbox* (OB) *speaker* lalu memindahkan ke meja kerja. Operator mengambil stiker, membuka kemasan dan segel stiker. Dilanjutkan dengan memasang stiker ke *outbox* dan yang terakhir meletakkan *outbox* kembali. Kegiatan meletakkan *outbox* ke meja kerja dan mengambil stiker dapat dilakukan secara paralel dengan mengoptimalkan penggunaan tangan kiri dan tangan kanan sesuai prinsip ekonomi gerakan. *Outbox* harus diletakkan di area yang mudah dijangkau operator sehingga dapat memungkinkan untuk dipindahkan walaupun menggunakan satu tangan. Dari perbaikan ini dilakukan reduksi waktu operasi dari 8,69 detik menjadi 7,98 detik.

Pada Operasi Pemasukan *Speaker* ke OB, elemen kerja yang dilakukan dimulai dari mengambil *outbox* lalu meletakkan *outbox* ke meja kerja. Lalu membuka bagian penutup atas *outbox* yang terdiri dari empat sisi yaitu sisi kiri, kanan, depan dan belakang. Pada kondisi eksisting, kegiatan ini masih dikerjakan secara bergantian sehingga ketika satu tangan bekerja tangan yang lain hanya menunggu. Elemen kerja ini dapat diperbaiki dengan melakukan kegiatan secara paralel dengan mengoptimalkan penggunaan tangan kanan dan kiri sesuai prinsip ekonomi gerakan, misalnya ketika tangan kiri menutup bagian kiri secara bersamaan tangan kanan menutup bagian kanan. Elemen kerja selanjutnya adalah mengambil *speaker* dari konveyor lalu memasukkan *speaker* ke *outbox*. Setelah *speaker* dimasukkan ke *outbox*, proses penutupan *outbox* juga harus dikerjakan secara paralel seperti yang dilakukan pada proses membuka *outbox*. Operasi *bottleneck* dapat dihilangkan karena waktu operasi berkurang dari 9 detik menjadi 7,96 detik.

Berdasarkan perbaikan metode kerja ini, dilakukan pengolahan data untuk menghitung performansi lini perakitan. Parameter yang dihitung terdiri dari perhitungan waktu beban kerja, jumlah stasiun kerja dan performansi. Proses pertama dimulai dari menghitung waktu beban kerja yang merupakan penjumlahan waktu operasi setelah tidak terjadi *bottleneck* sehingga didapatkan waktu beban kerja untuk Lini 1A adalah 104,51 detik sedangkan untuk Lini 1B adalah 108,37 detik. Waktu beban kerja bertambah karena perubahan alokasi operator yaitu 1 operasi dikerjakan oleh 1 operator sehingga waktu beban kerja semakin panjang. Jumlah stasiun kerja diasumsikan sama dengan jumlah operasi karena belum dilakukan pengelompokan operasi kerja menggunakan metode *line balancing*.

Jumlah stasiun kerja pada Lini 1A adalah 25 stasiun dengan waktu stasiun terbesar adalah 7,97 detik sehingga jumlah operator pada Lini 1A adalah 25 orang. Sedangkan jumlah stasiun pada Lini 1B adalah 24 stasiun dengan waktu stasiun terbesar adalah 7,98 detik sehingga jumlah operator pada Lini 1B adalah 24 orang. Performansi yang didapatkan dari perhitungan adalah dari 52,5% yang merupakan performansi dari Lini 1A dan 56,6% yang merupakan performansi dari Lini 1B. Perbaikan ini dijadikan sebagai Alternatif 1 untuk kemudian dibandingkan dengan alternatif-alternatif yang lain. Walaupun terjadi peningkatan performansi

dibandingkan dengan kondisi awal, namun masih harus dilakukan penyeimbangan lini untuk memilih alternatif lain.

5.4. Analisis *Line Balancing*

Pada penelitian ini, tipe *line balancing* yang digunakan adalah *Single Model Deterministic* atau *Assembly Line Balancing-1* (ALB-1). Proses perakitan *speaker* disebut sebagai model deterministik karena waktu setiap operasi telah ditentukan menggunakan waktu standar yang telah diukur oleh perusahaan menggunakan *Stopwatch Time Study* dan performansi operator. Operator yang bekerja di perusahaan tersebut telah bekerja bertahun-tahun dan memiliki *skill* yang cenderung tetap sehingga variasi waktu operasi sangat kecil. Sebagaimana dinyatakan oleh Groover (2005) bahwa pekerjaan yang dilakukan manusia lebih dapat beradaptasi dengan perubahan dan mampu belajar dari pengalaman sehingga cenderung lebih stabil. Selain itu, pekerjaan manusia lebih mudah diprediksi karena tidak mengalami masa *breakdown* seperti pada mesin. Penggunaan ALB-1 dipilih karena perusahaan belum melakukan minimasi stasiun kerja sehingga membutuhkan lebih banyak karyawan walaupun sudah memiliki target waktu siklus.

Objek yang diamati hanya *speaker* tipe 12in ACR-1230 BLACK yang merupakan produk dengan permintaan paling banyak selama Tahun 2018. Rata-rata permintaan *speaker* tipe ini adalah 1.238 unit per hari. Dikarenakan penelitian terbatas hanya pada satu objek, maka jenis *line balancing* yang digunakan adalah *Simple Assembly Line Balancing* (SALB) yang diimplementasikan pada *single model assembly line*. Metode ini dipilih karena sesuai dengan tujuan penelitian ini yang ingin meningkatkan performansi dalam skala *local optimum* untuk tipe *speaker* 12in ACR-1230 BLACK. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Sivasankaran dan Shahabudeen (2017), *single model* menghasilkan nilai efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan *mixed model*. Walaupun demikian, proses perakitan semua *speaker* pada Lini Perakitan 1 sama seperti tipe 12in ACR-1230 BLACK sehingga urutan proses, penggunaan mesin, *tools*, *jig* dan *fixture* juga sama. Perbedaan yang ada hanya pada penggunaan ukuran paku keling, jarum dan jenis lem yang bergantung pada ukuran *speaker*.

Data waktu operasi merupakan data deterministik karena nilainya sudah diketahui. Waktu operasi yang didapatkan adalah hasil pengukuran menggunakan *Stopwatch Time Study* dengan performansi operator yang cenderung stabil dan selalu sama sehingga performansi tiap operator konstan dan tidak mengakibatkan variasi waktu operasi. Keseimbangan lini deterministik ini dapat dikerjakan menggunakan dua metode yaitu metode eksak atau metode heuristik. Pada penelitian ini metode heuristik dipilih karena membutuhkan komputasi yang lebih cepat daripada metode eksak sehingga cocok digunakan untuk pengambilan keputusan yang bersifat operasional. Walaupun proses komputasi cepat, metode heuristik dapat memberikan hasil yang cukup optimal sehingga masih dapat diterima. Alasan yang lain adalah metode heuristik tidak memiliki formula khusus seperti pada metode eksak sehingga dapat diterapkan pada kasus-kasus yang dependen terhadap permasalahan seperti pada *line balancing* tipe 1 yang bertujuan mencari jumlah stasiun kerja minimum dengan waktu siklus yang telah ditetapkan sesuai dengan kasus pada penelitian ini.

Metode *line balancing* yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Large Candidate Rule* (LCR), *Killbridge and Wester Method* (KWM) dan *Ranked Positional Weights* (RPW). Ketiga metode ini dipilih karena sifatnya yang heuristik dan dapat diimplementasikan pada kasus lini perakitan yang waktu operasinya bersifat deterministik. Selain itu, ketiga metode ini dipilih karena sesuai dengan penelitian yang melihat Lini Perakitan 1 sebagai *single model assembly line*.

Dalam *line balancing* pada penelitian ini terdapat batasan-batasan yang tidak boleh dilanggar dalam penyusunan stasiun kerja. Batasan tersebut terdiri dari waktu siklus, presedensi, operasi yang menggunakan mesin dan jumlah stasiun kerja minimum. Waktu siklus telah ditetapkan berdasarkan laju produksi yaitu 8 detik. Presedensi menunjukkan aktivitas-aktivitas pendahulu dimana satu operasi harus dikerjakan setelah operasi lain. Presedensi ini digambarkan dalam *Precedence Diagram* seperti pada Gambar 4.30 dan Gambar 4.31. Batasan lain adalah operasi yang menggunakan mesin, dimana operasi-operasi ini tidak dapat digabungkan dengan operasi lain karena keterbatasan gerak operator sehingga akan menghambat untuk melakukan operasi lain disamping mengoperasikan mesin. Operasi yang menggunakan mesin antara lain pengelangan *top plate* dan *chassis*,

pengelangan terminal, pengeleman magnet dan *yoke*, pengeleman *spider* bawah dan pecahan keling, pengeleman *conepaper* dan *voice coil* bawah, pengeleman *voice coil* atas dan gasket, pengeleman *dustcup*, *charge* magnet dan pengetesan suara dan pemberian stempel. Batasan yang terakhir adalah jumlah stasiun kerja minimum yang dihitung dari pembagian waktu beban total dengan waktu siklus. Dari perhitungan, didapatkan jumlah stasiun kerja minimum adalah 14 stasiun kerja untuk masing-masing Lini 1A dan Lini 1B, sehingga jumlah stasiun kerja yang dihasilkan dari perhitungan *line balancing* tidak boleh kurang dari jumlah tersebut.

5.4.1. Analisis Line Balancing Metode LCR

Metode LCR merupakan metode *line balancing* yang paling sederhana karena mengurutkan prioritas operasi kerja berdasarkan waktu operasi terpanjang. Penempatan stasiun kerja harus memperhatikan batasan yang ada yaitu presedensi, waktu siklus, operasi dengan mesin dan jumlah stasiun kerja minimum. Walaupun waktu siklus masih tersisa, apabila predesesornya belum terpenuhi atau operasi yang tersedia berupa operasi yang menggunakan mesin maka operasi-operasi tersebut tidak dapat digabungkan. Demikian pula apabila predesesor terpenuhi namun jumlah waktu operasi gabungan melebihi waktu siklus maka operasi-operasi tersebut juga tidak dapat digabungkan.

Penempatan stasiun kerja berdasarkan metode LCR diperlihatkan dengan Gambar 5.2 untuk Lini 1A dan Gambar 5.3 untuk Lini 1B. Pada metode ini didapatkan jumlah stasiun kerja yang dihasilkan adalah 21 stasiun kerja pada Lini 1A dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,97 detik dan 18 stasiun kerja pada Lini 1B dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,98 detik. Sehingga didapatkan total stasiun kerja pada Lini Perakitan 1 sebanyak 39 stasiun kerja. Jumlah stasiun kerja ini sudah memenuhi batasan jumlah stasiun minimum. Waktu stasiun terbesar penting untuk diketahui karena akan menjadi waktu siklus aktual yang terjadi di lini perakitan. Waktu ini yang akan digunakan untuk menghitung efisiensi lini keseimbangan yang dalam penelitian ini dijadikan sebagai parameter untuk performansi lini perakitan.

Metode LCR menjadi Alternatif 2 untuk perbaikan performansi lini perakitan *speaker*. Efisiensi lini keseimbangan untuk Lini 1A adalah 62,4% dan

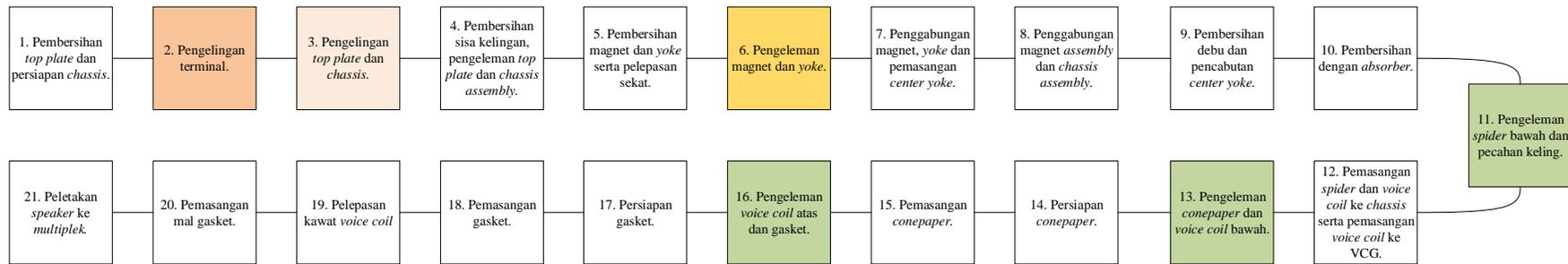
Lini 1B adalah 75,4%. Nilai ini menunjukkan adanya peningkatan performansi dari kondisi eksisting.

5.4.2. Analisis Line Balancing Metode KWM

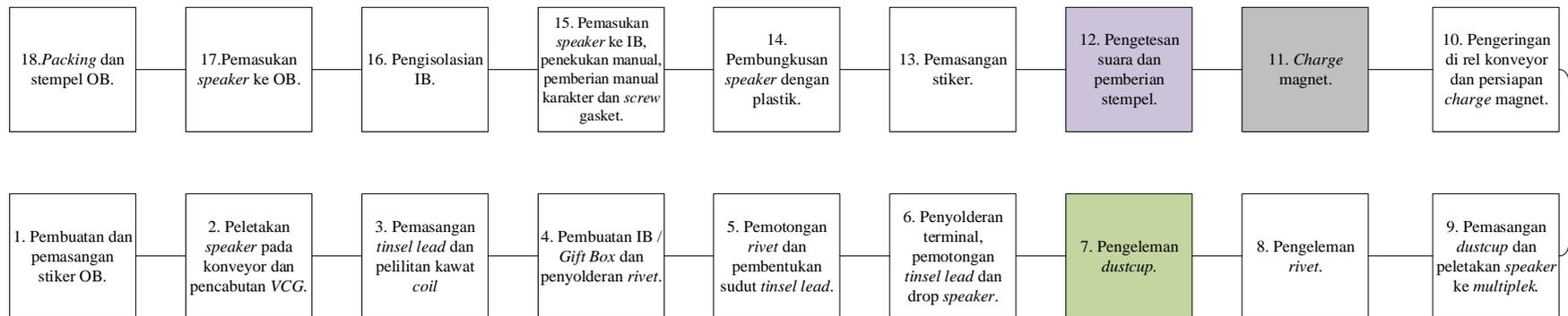
Metode KWM merupakan metode yang memperbaiki kelemahan Metode LCR yaitu tidak mempertimbangkan posisi presedensi operasi. Metode ini mengurutkan prioritas berdasarkan posisi operasi pada *precedence diagram*. Proses yang dilakukan dimulai dari mengelompokkan operasi ke dalam kolom-kolom secara vertikal yang diberi kode alfabet berdasarkan urutan pada *precedence diagram* sebagaimana terlihat dalam Gambar 4.32 dan Gambar 4.33. Penempatan stasiun kerja di metode ini mengikuti batasan sama seperti yang ada di LCR, yaitu tidak boleh melanggar waktu siklus, presedensi, operasi yang menggunakan mesin dan jumlah stasiun kerja minimum.

Penempatan stasiun kerja berdasarkan metode KWM diperlihatkan dengan Gambar 5.4 untuk Lini 1A dan Gambar 5.5 untuk Lini 1B. Pada metode didapatkan jumlah stasiun kerja yang dihasilkan adalah 20 stasiun kerja pada Lini 1A dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,97 detik dan 19 stasiun kerja pada Lini 1B dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,98 detik. Sehingga didapatkan total stasiun kerja pada Lini Perakitan 1 sebanyak 39 stasiun kerja. Jumlah stasiun kerja ini sudah memenuhi batasan jumlah stasiun minimum. Waktu stasiun terbesar penting untuk diketahui karena akan menjadi waktu siklus aktual yang terjadi di lini perakitan. Waktu ini yang akan digunakan untuk menghitung efisiensi lini keseimbangan yang dalam penelitian ini dijadikan sebagai parameter untuk performansi lini perakitan.

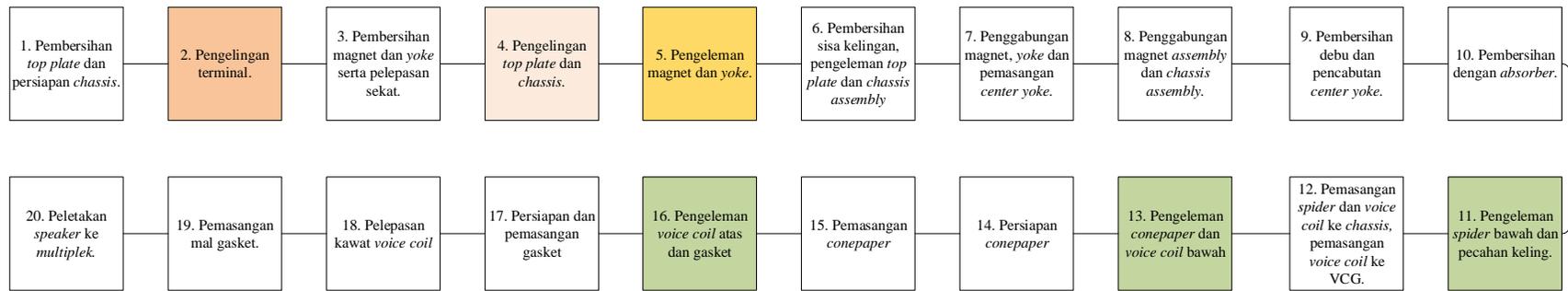
Metode KWM menjadi Alternatif 3 untuk perbaikan performansi lini perakitan *speaker*. Efisiensi lini keseimbangan untuk Lini 1A adalah 65,6% dan Lini 1B adalah 71,5%. Nilai ini menunjukkan adanya peningkatan performansi dari kondisi eksisting.



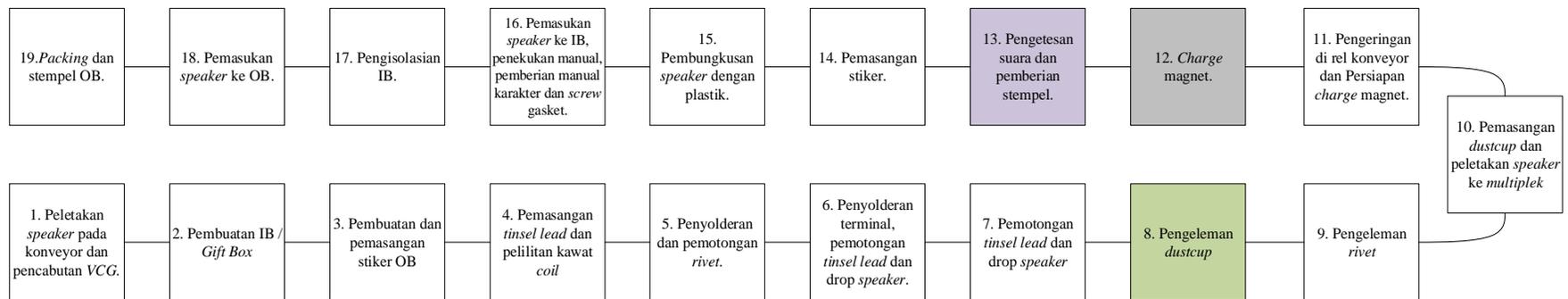
Gambar 5. 2 Stasiun Kerja Lini 1A Metode LCR



Gambar 5. 3 Stasiun Kerja Lini 1B Metode LCR



Gambar 5. 4 Stasiun Kerja Lini 1A Metode KWM



Gambar 5. 5 Stasiun Kerja Lini 1B Metode KWM

5.4.3. Analisis Line Balancing Metode RPW

Metode RPW merupakan metode yang mengkombinasikan metode LCR dan KWM. Metode ini mengurutkan prioritas berdasarkan posisi operasi pada *precedence diagram* sekaligus waktu operasi. Setiap operasi akan diberi bobot yang dihitung dari waktu operasi total pada operasi itu sendiri dan operasi yang mengikuti pada seluruh rantai *precedence diagram*. Penempatan stasiun kerja di metode ini sama seperti aturan yang ada di LCR, yaitu tidak boleh melanggar waktu siklus, presedensi, operasi yang menggunakan mesin dan jumlah stasiun kerja minimum.

Penempatan stasiun kerja berdasarkan metode RPW diperlihatkan dengan Gambar 5.6 untuk Lini 1A dan Gambar 5.7 untuk Lini 1B. Pada metode didapatkan jumlah stasiun kerja yang dihasilkan adalah 20 stasiun kerja pada Lini 1A dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,97 detik dan 18 stasiun kerja pada Lini 1B dengan waktu stasiun kerja terbesar adalah 7,98 detik. Sehingga didapatkan total stasiun kerja pada Lini Perakitan 1 sebanyak 38 stasiun kerja. Jumlah stasiun kerja ini sudah memenuhi batasan jumlah stasiun minimum. Waktu stasiun terbesar penting untuk diketahui karena akan menjadi waktu siklus aktual yang terjadi di lini perakitan. Waktu ini yang akan digunakan untuk menghitung efisiensi lini keseimbangan yang dalam penelitian ini dijadikan sebagai parameter untuk performansi lini perakitan.

Metode RPW menjadi Alternatif 3 untuk perbaikan performansi lini perakitan *speaker*. Efisiensi lini keseimbangan untuk Lini 1A adalah 65,6% dan Lini 1B adalah 75,4%. Nilai ini menunjukkan adanya peningkatan performansi dari kondisi eksisting.

5.5. Analisis Alternatif Perbaikan

Pada subbab ini akan dijelaskan alternatif-alternatif perbaikan berdasarkan metode *line balancing* yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Parameter yang dipertimbangkan dalam pemilihan alternatif perbaikan adalah performansi dan biaya relevan. Biaya relevan yang digunakan berupa biaya tenaga kerja karena biaya ini merupakan biaya yang memberikan perbedaan yang signifikan pada setiap alternatif.

5.5.1. Biaya Tenaga Kerja

Biaya yang dipertimbangkan atau biaya relevan dalam penelitian ini adalah biaya untuk tenaga kerja. Biaya tenaga kerja untuk satu orang operator disesuaikan dengan gaji UMR di Kota Surabaya yaitu sebesar Rp 3.583.313/Bulan (Dapur Pendidikan, 2018). Dalam satu tahun, gaji seorang operator mencapai Rp 42.999.751/Tahun. Biaya ini yang akan digunakan untuk menghitung biaya tenaga kerja dengan mengalikan jumlah tenaga kerja dengan Rp 42.999.751.

5.5.2. Alternatif 0

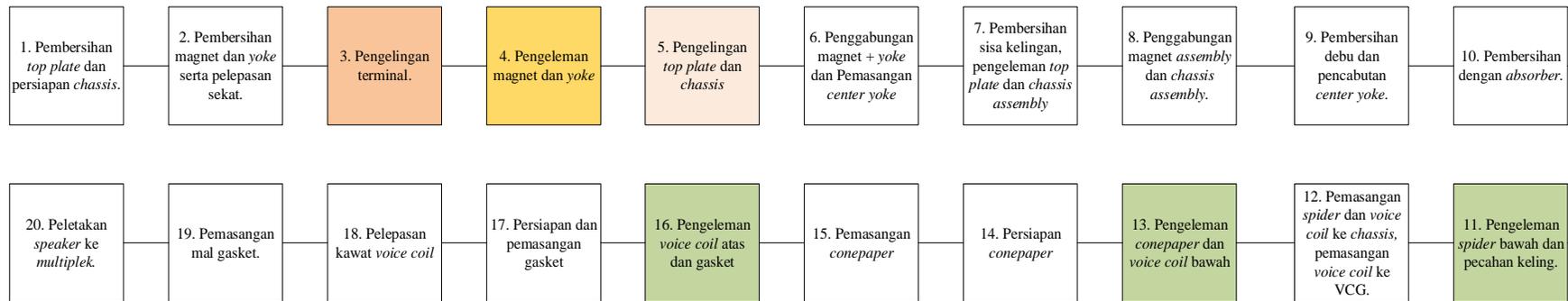
Alternatif 0 merupakan kondisi eksisting pada lini perakitan *speaker*. Pada kondisi belum dilakukan perbaikan. Berikut adalah performansi *line balancing* dan biaya pada alternatif 0:

1. Performansi Alternatif 0 : Lini 1A = 34,12%
Lini 1B = 55,55%
2. Biaya Alternatif 0
Jumlah Operator : Lini 1A = 30 orang
Lini 1B = 36 orang
Biaya Tenaga Kerja : Lini 1A = Rp 1.289.992.680
Lini 1B = Rp 1.547.991.216

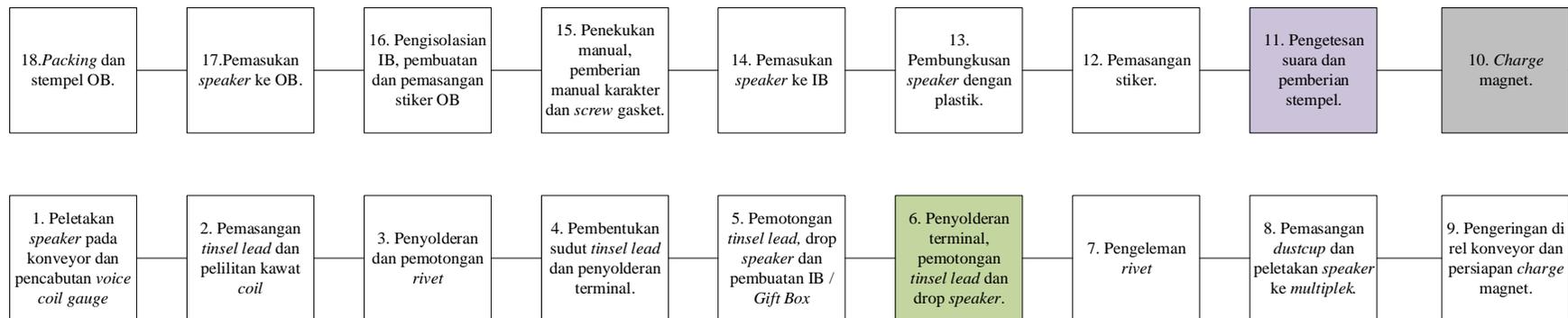
5.5.3. Alternatif 1

Alternatif 1 merupakan perbaikan metode kerja yang dilakukan pada operasi-operasi yang menjadi *bottleneck*. Berikut adalah performansi *line balancing* dan biaya pada alternatif 1:

1. Performansi Alternatif 1 : Lini 1A = 52,45%
Lini 1B = 56,58%
2. Biaya Alternatif 1
Jumlah Operator : Lini 1A = 25 orang
Lini 1B = 24 orang
Biaya Tenaga Kerja : Lini 1A = Rp 1.074.993.900
Lini 1B = Rp 1.031.994.144



Gambar 5. 6 Stasiun Kerja Lini 1A Metode RPW



Gambar 5. 7 Stasiun Kerja Lini 1B Metode RPW

5.5.4. Alternatif 2

Alternatif 2 merupakan kombinasi perbaikan metode kerja dan *line balancing* menggunakan metode LCR. Berikut adalah performansi *line balancing* dan biaya pada alternatif 2:

1. Performansi Alternatif 2 : Lini 1A = 62,44%
Lini 1B = 75,45%
2. Biaya Alternatif 2
Jumlah Operator : Lini 1A = 21 orang
Lini 1B = 18 orang
Biaya Tenaga Kerja : Lini 1A = Rp 902.994.876
Lini 1B = Rp 773.995.608

5.5.5. Alternatif 3

Alternatif 3 merupakan kombinasi perbaikan metode kerja dan *line balancing* menggunakan metode KWM. Berikut adalah performansi *line balancing* dan biaya pada alternatif 3:

1. Performansi Alternatif 3 : Lini 1A = 65,56%
Lini 1B = 71,47%
2. Biaya Alternatif 3
Jumlah Operator : Lini 1A = 20 orang
Lini 1B = 19 orang
Biaya Tenaga Kerja : Lini 1A = Rp 859.995.120
Lini 1B = Rp 816.995.364

5.5.6. Alternatif 4

Alternatif 4 merupakan kombinasi perbaikan metode kerja dan *line balancing* menggunakan metode RPW. Berikut adalah performansi *line balancing* dan biaya pada alternatif 4:

1. Performansi Alternatif 4 : Lini 1A = 65,56%
Lini 1B = 75,45%
2. Biaya Alternatif 4
Jumlah Operator : Lini 1A = 20 orang

	Lini 1B = 18 orang
Biaya Tenaga Kerja	: Lini 1A = Rp 859.995.120
	Lini 1B = Rp 773.995.608

5.6. Analisis Value Engineering Alternatif Perbaikan

Pemilihan alternatif dengan *value engineering* dilakukan dengan mempertimbangkan faktor *cost* terhadap *value* yang didapat berdasarkan perbaikan yang dilakukan. Alternatif perbaikan dapat diterima ketika bernilai lebih dari 1. Alternatif dengan *value* terbesar merupakan alternatif yang sebaiknya dilakukan oleh perusahaan. Perhitungan pada penelitian ini menggunakan *value engineering* yang telah dimodifikasi dengan menghitung PB_n pada Persamaan 3.2 kemudian dilakukan perhitungan *value* menurut Persamaan 3.3. Alternatif 0 merupakan kondisi eksisting yang digunakan sebagai acuan, dengan nilai performansinya menjadi nilai BE_o dan biaya yang dikeluarkan menjadi nilai CL_o . Rekapitulasi *value engineering* alternatif perbaikan terlihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

Pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2 terlihat bahwa semua alternatif perbaikan memiliki *value* lebih besar daripada 1 sehingga dapat diterima. Tabel 5.1 memperlihatkan bahwa Alternatif 3 dan Alternatif 4 memiliki *value* tertinggi di antara alternatif yang lain yaitu bernilai 2,88 atau hampir tiga kali lipat daripada kondisi eksisting. Alternatif 3 merupakan alternatif perbaikan yang mengkombinasikan perbaikan metode kerja dan *line balancing Killbridge and Wester's Method*, sedangkan Alternatif 4 merupakan kombinasi dari perbaikan metode kerja dan *line balancing Ranked Positional Weights*. Walaupun menggunakan metode yang berbeda, keduanya memberikan hasil yang sama yaitu membagi Lini 1A menjadi 21 stasiun kerja atau berkurang sebanyak 4 stasiun kerja dari kondisi eksisting. Sehingga didapatkan peningkatan performansi sebesar 92,17% dari 34,12% menjadi 65,56% yang diikuti oleh penurunan biaya tenaga kerja dari Rp 1.289.992.680/tahun menjadi Rp 859.995.120/tahun atau sebesar 33,33%.

Tabel 5.2 memperlihatkan alternatif terbaik untuk Lini 1B adalah Alternatif 2 dan Alternatif 4 yang memberikan *value* sebesar 3,69. Kedua metode ini menghasilkan jumlah stasiun kerja sebanyak 18 stasiun kerja atau mengalami

penurunan 6 stasiun kerja dari kondisi eksisting. Walaupun jumlah stasiun kerja sama, penempatan operasi yang dihasilkan dari kedua metode ini berbeda. Perbedaan yang terjadi adalah penempatan Operasi Penyolderan *Rivet*. Pada Alternatif 2 dengan kombinasi perbaikan metode kerja dan *Line Balancing Largest Candidate Rule*, operasi ini digabungkan dengan Operasi Pembuatan *Gift Box*. Sedangkan pada Alternatif 4 dengan kombinasi perbaikan kerja dan *Line Balancing Ranked Positional Weights*, operasi ini digabungkan dengan Operasi Pemotongan *Rivet*. Dari alternatif ini didapatkan peningkatan performansi Lini 1B sebesar 35,81% dari 55,55% menjadi 75,45% yang diikuti penurunan biaya tenaga kerja sebanyak 50% dari Rp 1.547.991.215/tahun menjadi Rp 773.995.608/tahun.

Tabel 5. 1 *Value Engineering* Alternatif Perbaikan Lini 1A

Alternatif	Efisiensi Lini Keseimbangan (BE_n)	Biaya Tenaga Kerja (CL_n)	$PB_n = (BE_n / BE_o \times CL_o)$	$V_n = (PB_n / CL_n)$
0	34,12%	Rp 1.289.992.680	Rp 1.289.992.680	1,00
1	52,45%	Rp 1.074.993.900	Rp 1.983.139.681	1,84
2	62,44%	Rp 902.994.876	Rp 2.360.880.573	2,61
3	65,56%	Rp 859.995.120	Rp 2.478.924.601	2,88
4	65,56%	Rp 859.995.120	Rp 2.478.924.601	2,88

Tabel 5. 2 *Value Engineering* Alternatif Perbaikan Lini 1B

Alternatif	Efisiensi Lini Keseimbangan (BE_n)	Biaya Tenaga Kerja (CL_n)	$PB_n = (BE_n / BE_o \times CL_o)$	$V_n = (PB_n / CL_n)$
0	55,55%	Rp 1.547.991.216	Rp 1.547.991.216	1,00
1	56,58%	Rp 1.031.994.144	Rp 2.139.383.920	2,07
2	75,45%	Rp 773.995.608	Rp 2.852.511.893	3,69
3	71,47%	Rp 816.995.364	Rp 2.702.379.688	3,31
4	75,45%	Rp 773.995.608	Rp 2.852.511.893	3,69

Berdasarkan analisa di atas, dapat dipilih alternatif terbaik yang memberikan nilai *value* tertinggi. Pada Lini 1A, penempatan stasiun kerja menggunakan Alternatif 3 maupun Alternatif 4 menunjukkan penempatan stasiun yang sama sehingga metode mana saja dapat dipilih. Sedangkan untuk Lini 1B, alternatif yang memberikan *value* tertinggi adalah Alternatif 2 dan Alternatif 4. Namun Alternatif 4 lebih direkomendasikan karena menempatkan operasi pada stasiun kerja dengan memperhitungkan lokasi berdasarkan *precedence diagram* sehingga akan lebih memudahkan untuk proses *material handling*.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan dan saran untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya.

6.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Proses produksi *speaker* yang dilakukan pada Lini Perakitan 1 dibagi menjadi dua lini kecil yaitu Lini 1A dan Lini 1B. Lini 1A terdiri dari 25 operasi kerja dengan 30 operator dan Lini 1B terdiri dari 24 operasi kerja dengan 36 operator.
2. Pada kondisi eksisting, performansi Lini 1A sebesar 34,12% dan Lini 1B sebesar 55,55%.
3. Operasi *bottleneck* diperbaiki menggunakan prinsip ekonomi gerakan. Performansi berdasarkan perbaikan ini untuk Lini 1A sebesar 52,45% sedangkan Lini 1B sebesar 56,58%.
4. Alternatif perbaikan terdiri dari Alternatif 1 dengan perbaikan metode kerja, Alternatif 2 dengan perbaikan metode kerja dan *line balancing Largest Candidate Rule*, Alternatif 3 dengan perbaikan metode kerja dan *line balancing Killbridge and Wester Method* dan Alternatif 4 dengan perbaikan metode kerja dan *line balancing Ranked Positional Weights*.
5. Alternatif terbaik dipilih dengan melihat besarnya *value* yang terbesar. Pada Lini 1A, Alternatif 3 dan 4 memiliki *value* tertinggi di antara alternatif yang lain yaitu bernilai 2,88, sedangkan alternatif terbaik untuk Lini 1B adalah Alternatif 2 dan Alternatif 4 yang memberikan *value* sebesar 3,69.

6.2. Saran

Saran dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan perlu melakukan evaluasi terhadap metode kerja yang digunakan oleh operator, sehingga dapat mengurangi operasi-operasi yang *non value added*.
2. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan *mixed model line balancing* dengan mempertimbangkan variasi tipe *speaker* yang dihasilkan pada Lini Perakitan 1 dan membuat penjadwalan produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Bosch Security Systems (2012) *Loudspeaker Basics*. Minnesota: Bosch Security Systems.
- Dapur Pendidikan (2018) *UMK UMR Kota Surabaya Provinsi Jawa Timur 2018 – 2019 Penetapan Gubernur*. Tersedia pada: <https://www.dapurpendidikan.com/umk-umr-kota-surabaya-provinsi-jawa-timur> (Diakses: 24 Oktober 2018).
- Dell’Isola, D. H. (1986) *Quality Control, 2nd Edition*. Prentice-Hall International.
- Gaspersz, V. (2004) *Production Planning and Inventory Control*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Umum.
- Groover, M. P. (2005) *Otomasi, Sistem Produksi dan Computer-Integrated Manufacturing*. Diedit oleh I. K. Gunarta. Surabaya: Guna Widya.
- Hamza, R. M. A. dan Al-manaa, J. Y. (2013) “Selection of Balancing Method for Manual Assembly Line of Two Stages Gearbox,” *Global Perspectives on Engineering Management*, 2(2), hal. 70–81.
- Heizer, J. dan Render, B. (2009) *Manajemen Operasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- JAM Industries (2018) *How Speakers Work, JAM Industries*. Montreal. Tersedia pada: <http://electronics.howstuffworks.com/speaker.htm>.
- Kriengkarakot, N. dan Pianthong, N. (2017) “The Assembly Line Balancing Problem : Review articles The Assembly Line Balancing Problem,” *KKU Engineering Journal Vol.*, 34(2), hal. 133–140.
- Kulkarni, V. (2014) “Productivity Improvement At Assembly,” *IJRET: International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(9), hal. 480–487.
- Mishan, N. N. dan Tap, M. M. (2015) “Increasing Line Efficiency By Using Timestudy and Line Balancing In A Food Manufacturing Company,” *Jurnal Mekanikal*, 38, hal. 32–43.
- Panchal, R. N., Awasure, A. D. dan Mulani, S. J. (2017) “Methods of Solving Assembly Line Balancing Problem,” *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences*, 5(7), hal. 644–648.

- Reddy, K. D. *et al.* (2018) “Productivity Improvement By Using Line Balancing And Automation Strategies in order To Improve overall Equipment Effectiveness,” *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI) ISSN (Online, 7(1)*, hal. 2319–6734.
- Scanviclvan (2009) *Speaker Production*. Tersedia pada: www.youtube.com/Scanviclvan (Diakses: 24 Oktober 2018).
- Scholl, A. dan Becker, C. (2006) “State-of-the-art Exact and Heuristic Solution Procedures for Simple Assembly Line Balancing,” *European Journal of Operational Research*, 168(3), hal. 666–693.
- Siregar, B., Suropto, B. dan Hapsori, D. (2014) *Akuntansi Biaya*. Edisi Kedu. Jakarta: Salemba Empat.
- Sivasankaran, P. dan Shahabudeen, P. (2017) “Comparison of Single Model and Multi-Model Assembly Line Balancing Solutions,” *International Journal of Computational Intelligence Research*, 13(8), hal. 1829–1850.
- Stevenson, W. (2011) *Operations Management*. New York: McGraw-Hill.
- Sutalaksana, I. Z. (1979) *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Venkataraman, R. R. dan Pinto, J. K. (2008) *Cost and Value Management in Projects*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. doi: 10.1201/b17622.
- Wignjosoebroto, S. (2006) *Ergonomi, Studi Gerakan dan Waktu : Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*. Surabaya: Guna Widya.
- Wignjosoebroto, S. (2009) *Tata Letak Pabrik dan Pemandahan Barang*. Surabaya: Guna Widya.

LAMPIRAN

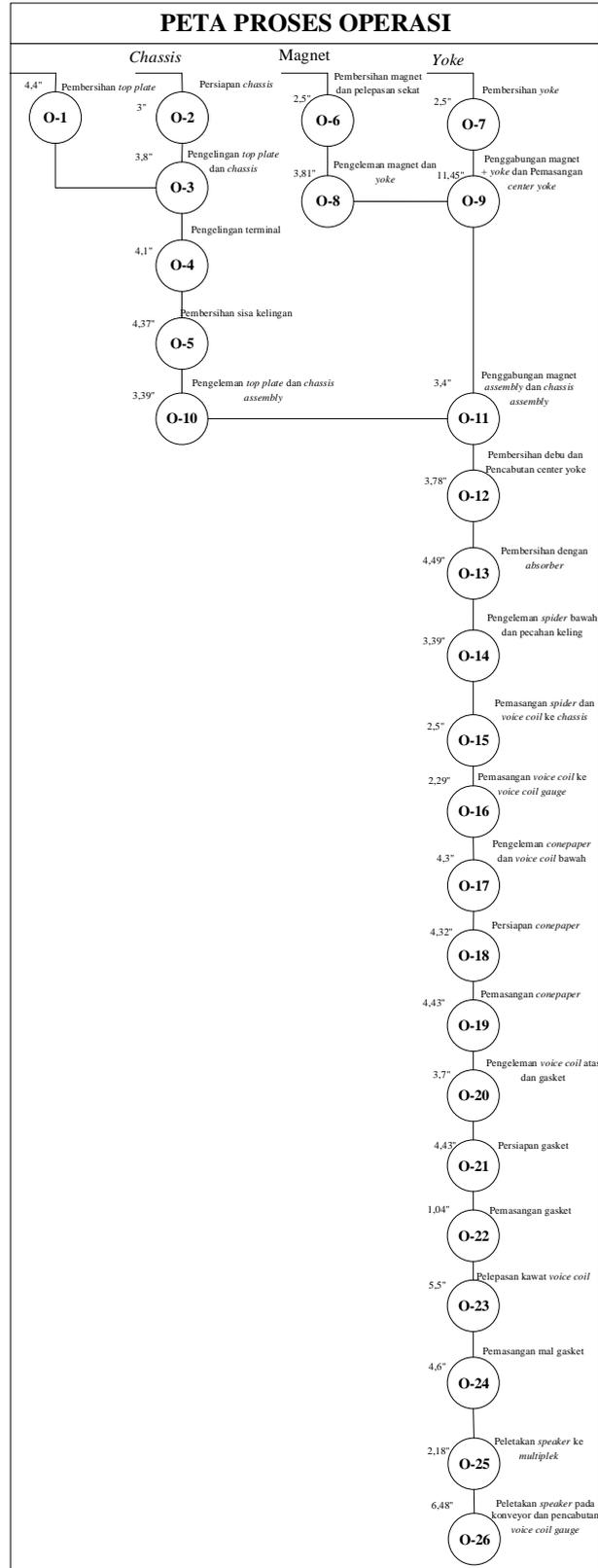
Lampiran 1. Permintaan *Speaker* Tipe 12in ACR-1230 Black Bulan Januari-
November 2018

Tanggal	Permintaan (Unit)
05 Januari 2018	1.208
10 Januari 2018	826
22 Januari 2018	1.396
26 Januari 2018	1.216
29 Januari 2018	399
30 Januari 2018	1.024
31 Januari 2018	815
01 Februari 2018	799
12 Februari 2018	1.498
14 Februari 2018	1.280
20 Februari 2018	1.939
22 Februari 2018	1.237
27 Februari 2018	161
19 Maret 2018	1.995
23 Maret 2018	1.802
29 Maret 2018	1.991
12 April 2018	496
13 April 2018	1.508
19 April 2018	442
30 April 2018	1.783
08 Mei 2018	1.711
15 Mei 2018	2.004
31 Juli 2018	374
01 Agustus 2018	1.102
21 Agustus 2018	772
23 Agustus 2018	1.092
27 Agustus 2018	136
29 Agustus 2018	1.020

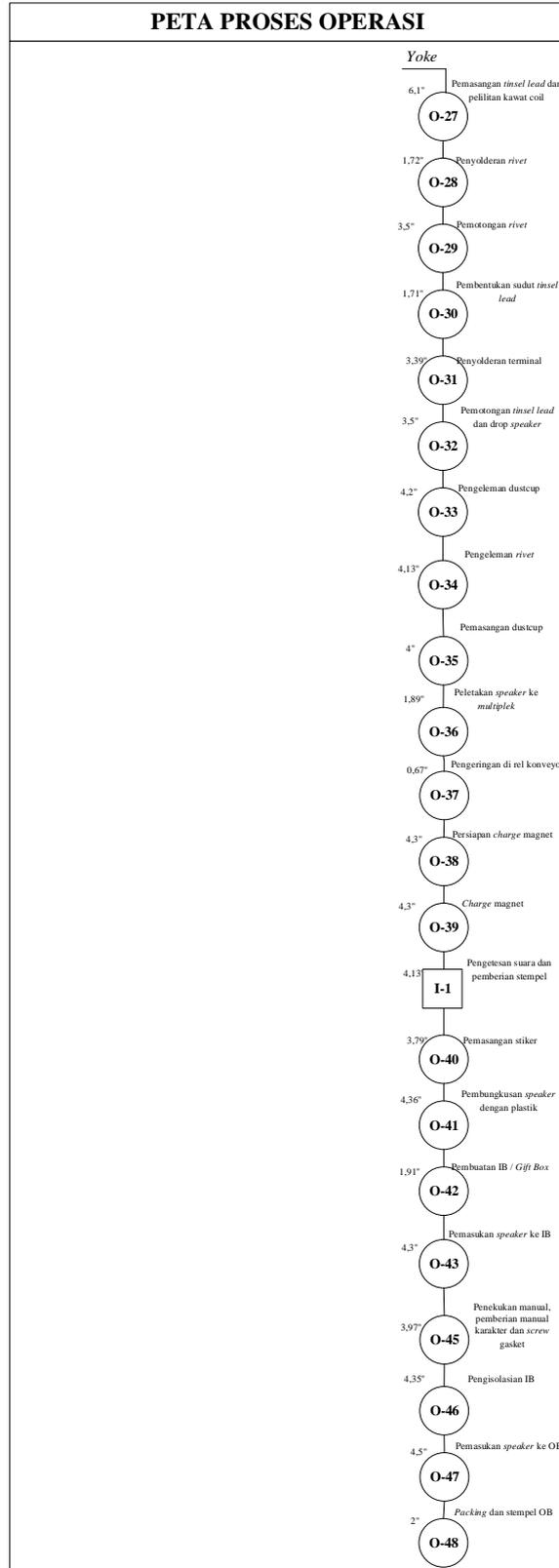
Lampiran 1. Permintaan *Speaker* Tipe 12in ACR-1230 Black Bulan Januari-
November 2018 (Lanjutan)

Tanggal	Permintaan (Unit)
12 September 2018	1.987
18 September 2018	1.949
20 September 2018	1.672
25 September 2018	644
26 September 2018	1.345
05 Oktober 2018	2.000
08 Oktober 2018	288
11 Oktober 2018	1.992
15 Oktober 2018	1.595
16 Oktober 2018	385
26 Oktober 2018	2.000
02 November 2018	1.892
14 November 2018	1.000
Rata-rata Permintaan/Hari	1.238

Lampiran 2. Peta Proses Operasi



Lampiran 2. Peta Proses Operasi (Lanjutan)



BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Rembang pada tanggal 7 Januari 1997 dengan nama lengkap Renny Fatmawati. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Padaran Rembang, SMPN 2 Rembang dan SMAN 1 Rembang. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya sejak tahun 2015. Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan organisasi mahasiswa antara lain sebagai Staf Departemen Keprofesian dan Keilmiah di Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS 2016/2017, Sekretaris 2 UKM Robotika ITS 2016/2017, Sekretaris 1 UKM Robotika ITS 2017/2018 serta *Official Division* Tim Barunastra ITS 2016/2018. Bersama Tim Barunastra ITS, penulis berhasil menjadi Juara 4 dan Juara 1 pada *Internasional Robo Boat Competition* yang diselenggarakan oleh AUVSI Foundation pada Tahun 2017 dan 2018. Penulis juga aktif dalam kegiatan mengajar antara lain sebagai asisten mata kuliah Wawasan Teknologi dan Komunikasi Ilmiah Semester Genal 2017/2018 dan mata kuliah Matematika 1 Semester Gasal 2018/2019 serta menjadi mentor untuk mahasiswa Teknik Industri asal Timor Leste pada Semester Genap 2017/2018. Penulis melaksanakan kegiatan Kerja Praktek di PT PJB UBJ O&M Rembang khususnya pada fungsi *Inventory Management* pada Periode Desember-Januari 2017. Apabila ada pertanyaan dan ingin berdiskusi, penulis dapat dihubungi melalui *email* rennyfatmawati@gmail.com.