



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA SISTEM MANUSIA, MESIN DAN LINGKUNGAN
UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PRODUKSI PADA
PERUSAHAAN MANUFAKTUR
(STUDI KASUS PADA PROSES *WELDING* DI PT. ADM)**

SKRIPSI

**HENDRA PRAMONO HARI SAKTIANTO
0806367090**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**ANALISA SISTEM MANUSIA, MESIN DAN LINGKUNGAN
UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PRODUKSI PADA
PERUSAHAAN MANUFAKTUR
(STUDI KASUS PADA PROSES *WELDING* DI PT. ADM)**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**HENDRA PRAMONO HARI SAKTIANTO
0806367090**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
DEPOK
JUNI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Hendra Pramono Hari Saktianto

NPM : 0806367090

Tanda Tangan : 

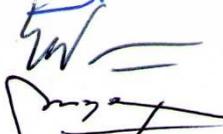
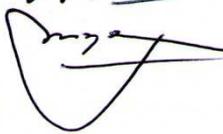
Tanggal : 24 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Hendra Pramono Hari Saktianto
NPM : 0806367090
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Analisa Sistem Manusia, Mesin dan Lingkungan
Untuk Meningkatkan Efisiensi pada Perusahaan
Manufaktur . (Studi Kasus pada Proses *Welding* di
PT. ADM)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Farizal, Ph.D ()
Penguji : Ir. Erlinda Muslim, MEE ()
Penguji : Ir. Yadrifil, MSc ()
Penguji : Ir. Amar Rachman, MEIM ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 24 Juni 2011

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Tuhan Yesus Kristus atas segala rencana-Nya yang indah dan kekuatan yang diberikan-Nya dari awal penulisan skripsi ini hingga dapat selesai tepat pada waktunya. Penulisan skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan penyelesaian Program Pendidikan Sarjana Jurusan Teknik Industri pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Selain itu penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini. Ada pun pihak-pihak yang telah membantu:

1. Ayah, Ibu dan Kakak sekeluarga yang selalu memberikan semangat dan dukungan doa untuk terus mengerjakan skripsi ini.
2. Bapak Farizal, Ph.D, dan Bapak Ir. Boy Nurtjahyo M., MSIE selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingannya dan selalu memberikan stimulus semangat dalam menyusun skripsi ini.
3. Pihak Perusahaan yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang diperlukan, Departemen *Production Engineering*, Departemen *Welding*, Departemen EHS.
4. Ibu Arian Dhini, ST, MT, selaku pembimbing akademis atas perhatiannya.
5. Rekan-rekan Ekstensi Salemba angkatan 2008, dan Enceng terima kasih untuk inspirasinya.
6. Rekan-rekan seperjuangan di Legiun Veteran: Pras, Andri, Dhani, serta sahabat-sahabat penulis: Saefuddin, Rugun Simatupang, Usama A.K.H, Apris, Ida terima kasih untuk doa dan dukungannya.
7. Terakhir untuk semua pihak yang tidak bisa disebut satu persatu yang sedikit banyak telah memberi pengaruh terhadap penulis selama kuliah dan penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari sempurna mengingat keterbatasan penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Penulis berharap bahwa skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Depok, 24 Juni 2010

Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Hendra Pramono Hari Saktianto
NPM : 0806367090
Program Studi : Teknik Industri
Departemen : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneklusif** (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Analisa Sistem Manusia, Mesin dan Lingkungan untuk Meningkatkan Efisiensi
Produksi pada Perusahaan Manufaktur
(Studi Kasus pada Proses Welding di PT. ADM)”

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di: Depok

Pada tanggal : 24 Juni 2011

Yang menyatakan



(Hendra Pramono Hari Saktianto)

ABSTRAK

Nama : Hendra Pramono Hari Saktianto
Program Studi : Teknik Industri
Judul Skripsi : Analisa Sistem Manusia, Mesin dan Lingkungan Untuk Meningkatkan Efisiensi pada Perusahaan Manufaktur. (Studi Kasus pada Proses *Welding* di PT. ADM)

Peningkatan kebutuhan pasar terhadap produk otomotif di dalam negeri khususnya kendaraan roda empat membuat PT. ADM sebagai perusahaan manufaktur perakitan mobil terus meningkatkan target kapasitas produksinya. Usaha yang dilakukan adalah dengan mempercepat waktu produksinya serta menetapkan target efisiensi diatas 95% dari setiap posnya terhadap target waktu yang telah ditetapkan. Di jalur *welding* target efisiensi tersebut sulit untuk dicapai. Hal ini dipengaruhi oleh faktor mesin, lingkungan dan manusia yang tidak sesuai dengan aspek ergonomi. Analisa ergonomi telah dilakukan untuk menyelesaikan masalah tersebut dengan menggunakan metode *Muscle Fatigue Assessment* untuk faktor manusia dan metode *Environmental* untuk faktor lingkungan. Hasilnya adalah efisiensi produksi yang dicapai rata-rata diatas 95%, sesuai target yang telah ditetapkan perusahaan.

Kata kunci :

Proses *Welding*, *Human Factor*, *Muscle Fatigue Assessment*, *Environmental*, Efisiensi.

ABSTRACT

Name : Hendra Pramono Hari Saktianto
Study Program : Industrial Engineering
Title : Human, Machine and Environment System Analysis to Increase Production Efficiency in Manufacturing Companies. (Case Study of Welding Process in PT. ADM)

Increasing market demand for automotive products in the country, especially four wheel vehicle drives PT. ADM as a car assembly manufacturing companies to increase its production capacity target. The efforts taken is to speed up production time and set a target of efficiency above 95% of each post to target a predetermined time. In line Welding efficiency targets are difficult to achieve. It is influenced by factor humans, environmental and machines, they are not in accordance with the aspect of ergonomics. Ergonomics analysis has been done to resolve the problem by using the method of Muscle Fatigue Assessment for human aspect and Method of Environmental for Environment aspect. The result is the production efficiency achieved an average of above 95%, according to a predetermined company target.

Keywords:

Welding Process, Human Factors, Muscle Fatigue Assessment, Environmental, Efficiency.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR GRAFIK	xiv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Diagram Keterkaitan Masalah	3
1.3 Perumusan Masalah	5
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	5
1.6 Metodologi Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan	8
2. DASAR TEORI	9
2.1 <i>Human Factors</i>	9
2.1.1 <i>Pengertian dan Tujuan Human Factors</i>	9
2.1.2 Sejarah Perkembangan <i>Human Factors</i>	11
2.2 Pentingnya <i>Human Factors</i> Untuk Sosial	13
2.3 Aplikasi <i>Human Factor</i> Untuk Meningkatkan Kualitas dan Keamanan ..14	
2.4 <i>Human Factors</i> dan Pengaruhnya Terhadap Beban Kerja	16
2.4.1 Beban Kerja Mental	17
2.4.2 Beban Kerja Fisik	18
2.5 Jenis-Jenis Kelelahan Otot	20
2.6 Efisiensi	20

2.7 Efisiensi dan Kaitannya dengan Ergonomi	21
2.8 Metode-Metode dalam Analisa <i>Human Factors</i> dan Lingkungan	24
2.7.1 Metode Fisik	26
2.7.2 <i>Psychophysiological Methods</i>	29
2.7.3 <i>Behavioral and Cognitive Methods</i>	30
2.7.4 <i>Team Method</i>	30
2.7.5 <i>Environmental method</i>	31
3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	32
3.1 <i>Layout</i> Proses Produksi	32
3.2 Data Masalah Proses Produksi	37
3.3 Analisa Masalah	43
3.3.1 Faktor Lingkungan	44
3.3.1 Faktor Mesin	49
3.2.2 Faktor Manusia	50
4. ANALISA DATA	59
4.1 Kontribusi Faktor Non-Manusia Terhadap Efisiensi Produksi	59
4.1.1 Temperatur Udara	59
4.1.2 Faktor Kebisingan	65
4.1.3 Faktor Mesin	66
4.2 Kontribusi Faktor Manusia Terhadap Efisiensi Produksi	69
5. KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	77
DAFTAR REFERENSI	78

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Rencana Produksi PT. Astra Daihatsu Motor	1
Tabel 3.1 Tabel Kondisi Lingkungan Kerja Yang Ideal	45
Tabel 3.2 Tabel Ambang Batas WBGT sesuai Kep.51/MEN/1999	46
Tabel 3.3 Data Pengukuran Suhu dan WBGT	46
Tabel 3.4 Data Pengukuran Partikel Udara	47
Tabel 3.5 Data Pengukuran Pencahayaan	47
Tabel 3.6 Data Pengukuran Kebisingan	48
Tabel 3.7 Data Akumulasi <i>line stop</i> sebelum perbaikan	49
Tabel 3.8 Tabel Prioritas Berdasarkan Effort Level	50
Tabel 3.9 Kategori Pekerjaan Berdasarkan Effort Level	50
Tabel 3.10 Data MFA Proses <i>Under Front</i>	51
Tabel 3.11 Data MFA Proses <i>Under Rear</i>	52
Tabel 3.12 Data MFA Proses <i>Under Body Sub Assy</i> dan <i>Under Body</i>	53
Tabel 3.13 Data MFA Proses <i>Side Member</i>	54
Tabel 3.14 Data MFA Proses <i>Main Body</i>	55
Tabel 3.15 Data MFA Proses <i>Shell Body</i> dan <i>Metal Finish</i>	56
Tabel 3.16 Data Kumulasi Proses <i>Under Front</i>	57
Tabel 3.17 Data Data Kumulasi Proses <i>Under Rear</i>	57
Tabel 3.18 Data Data Kumulasi Proses <i>Under Body Sub Assy.</i> dan <i>Under Body</i> ..	57
Tabel 3.19 Data Kumulasi Proses <i>Side Member</i>	58
Tabel 3.20 Data Data Kumulasi Proses <i>Main Body</i>	58
Tabel 3.21 Data Data Kumulasi Proses <i>Shell Body dan Metal Finish</i>	58
Tabel 4.1 Data Perbandingan Temperatur	59
Tabel 4.2 Data Perbandingan WBGT	60
Tabel 4.3 Data Perbandingan Temperatur Setelah Perbaikan	63
Tabel 4.4 Data Perbandingan WBGT Setelah Perbaikan	64
Tabel 4.5 Data Kebisingan Area Kerja	65
Tabel 4.6 Data Akumulasi <i>Line Stop</i>	67
Tabel 4.7 Aktivitas Perbaikan Proses <i>Under Front</i>	70
Tabel 4.8 Aktivitas Perbaikan Proses <i>Under Rear</i>	70

Tabel 4.9 Aktivitas Perbaikan Proses *Under Body Sub Assy.* dan *Under Body*70
Tabel 4.10 Aktivitas Perbaikan Proses *Side Member*71
Tabel 4.11 Aktivitas Perbaikan Proses *Main Body*71
Tabel 4.12 Aktivitas Perbaikan Proses *Shell Body* dan *Metal Finish*71
Tabel 4.13 Tabel Perbandingan Efisiensi Produksi Sebelum dan Sesudah75



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah	4
Gambar 1.2 <i>Flow Chart</i> Metodologi Penelitian	7
Gambar 3.1 Bagian <i>Under Front</i>	32
Gambar 3.2 Alur Proses <i>Body Welding</i> Jalur Produksi Xenia-Avanza	33
Gambar 3.3 Bagian <i>Under Rear</i>	34
Gambar 3.4. Bagian <i>Under Body</i>	35
Gambar 3.5 Bagian <i>Side Member</i>	35
Gambar 3.6 Bagian <i>Main Body</i>	36
Gambar 3.7 Bagian <i>Shell Body</i>	37
Gambar 3.8 Diagram Tulang Ikan Masalah Efisiensi produksi	43
Gambar 4.1 Gambar Pemasangan AC dengan <i>Ducting</i> mengarah ke operator ...	62
Gambar 4.2 Gambar Pemasangan <i>Exhaust</i> untuk Meningkatkan Sirkulasi Udara dan Menghisap Asap dari Proses <i>Welding</i>	62

DAFTAR GRAFIK

Grafik 3.1 Grafik Waktu Kerja Masing-masing Operator pada Proses <i>Under Front</i> Sebelum Perbaikan	38
Grafik 3.2 Grafik Waktu Kerja Masing-masing Operator pada Proses <i>Under Rear</i> Sebelum Perbaikan	39
Grafik 3.3 Grafik Waktu Kerja Masing-masing Operator pada Proses <i>Under Body Sub Assy.</i> Sebelum Perbaikan	39
Grafik 3.4 Grafik Waktu Kerja Masing-masing Operator pada Proses <i>Side Member</i> Sebelum Perbaikan	40
Grafik 3.5 Grafik Waktu Kerja Masing-masing Operator pada Proses <i>Main Body</i> Sebelum Perbaikan	40
Grafik 3.6 Grafik Waktu Kerja Masing-masing Operator pada Proses <i>Shell Body dan Metal Finish</i> Sebelum Perbaikan	41
Grafik 3.7 Grafik Efisiensi Produksi Bulan Januari 2011	42
Grafik 4.1 Grafik Perbandingan Temperatur	60
Grafik 4.2 Grafik Perbandingan WBGT	61
Grafik 4.3 Grafik Perbandingan Temperatur Setelah Perbaikan	63
Grafik 4.4 Grafik Perbandingan WBGT Setelah Perbaikan	64
Grafik 4.5 Grafik Perbandingan Tingkat Kebisingan dengan Standar Kebisingan	66
Grafik 4.6 Grafik Akumulasi <i>Line Stop</i> Perminggu Sebelum dan Sesudah Perbaikan	68
Grafik 4.7 Grafik Perbandingan <i>Cycle Time</i> Sebelum dan Sesudah Perbaikan Proses <i>Under Front</i>	72
Grafik 4.8 Grafik Perbandingan <i>Cycle Time</i> Sebelum dan Sesudah Perbaikan Proses <i>Under Rear</i>	72
Grafik 4.9 Grafik Perbandingan <i>Cycle Time</i> Sebelum dan Sesudah Perbaikan Proses <i>Under Body Sub Assy.</i> dan <i>Under Body</i>	73
Grafik 4.10 Grafik Perbandingan <i>Cycle Time</i> Sebelum dan Sesudah Perbaikan Proses <i>Side Member</i>	73

Grafik 4.11 Grafik Perbandingan <i>Cycle Time</i> Sebelum dan Sesudah Perbaikan Proses <i>Main Body</i>	74
Grafik 4.12 Grafik Perbandingan <i>Cycle Time</i> Sebelum dan Sesudah Perbaikan Proses <i>Shell Body dan Metal Finish</i>	74
Grafik 4.13 Grafik Perbandingan Rata-rata Efisiensi Produksi Sebelum dan Sesudah Perbaikan	76



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

PT Astra Daihatsu Motor (PT. ADM) adalah sebuah perusahaan manufaktur dibidang otomotif dengan kapasitas produksi terbesar di Indonesia saat ini. Selain memproduksi produk bermerek Daihatsu, PT. ADM juga memproduksi produk bermerek Toyota adapun produk-produk yang dihasilkan adalah : Xenia, Avanza, Terios, Rush dan Gran Max.

Saat ini kapasitas produksi PT. ADM terus mengalami kenaikan, hal ini ditunjukkan dengan peningkatan hasil produksi yang sangat luar biasa mencapai 1.000.000 unit dalam kurun waktu 5 tahun, yaitu tahun 2005-2010, yang sebelumnya 1.000.000 unit diproduksi dalam kurun waktu 32 tahun, tahun.

Tabel 1.1 Rencana Produksi PT. ADM

	2011	2012
Januari	33268	36400
Februari	29279	31800
Maret	37568	34850
April	31599	33300
Mei	33375	34850
Juni	32565	33300
Juli	33100	36400
Agustus	28250	30200
September	30600	31800
Oktober	32158	30300
Nopember	25055	36300
Desember	32739	33500
Jumlah	379556	403000

Pada rencana produksi PT. ADM kedepanpun terus semakin meningkat. Hal ini terlihat pada rencana produksi PT. ADM tahun 2011-2012 yang menargetkan produksi rata-rata di atas 390.000 unit setiap tahunnya, Seiring dengan peningkatan target produksi tersebut maka PT. ADM dipacu untuk terus meningkatkan kapasitas produksinya, upaya-upaya peningkatan kapasitas produksi dilakukan dengan meningkatkan *Tact Time* proses, yaitu dengan cara :

1. Penambahan proses
2. Penambahan mesin dan peralatan
3. Penambahan tenaga kerja

Selain usaha-usaha peningkatan kapasitas produksi tersebut perlu diperhatikan juga faktor efisiensi disetiap prosesnya, hal ini perlu diperhatikan supaya setiap aktifitas proses dapat berjalan secara maksimal sesuai target yang diditetapkan, PT. ADM menetapkan target efisiensi setiap prosesnya yaitu 95% dari waktu yang telah ditentukan.

Efisiensi produksi sangat dipengaruhi oleh:

1. Faktor kestabilan mesin
2. Faktor ergonomis pekerja terhadap pekerjaannya
3. Faktor lingkungan kerja

Untuk mencapai target efisiensi tersebut PT. ADM melakukan perbaikan bukan hanya terfokus pada kondisi mesin dan peralatannya tetapi juga meliputi kondisi area kerja dan faktor manusianya.

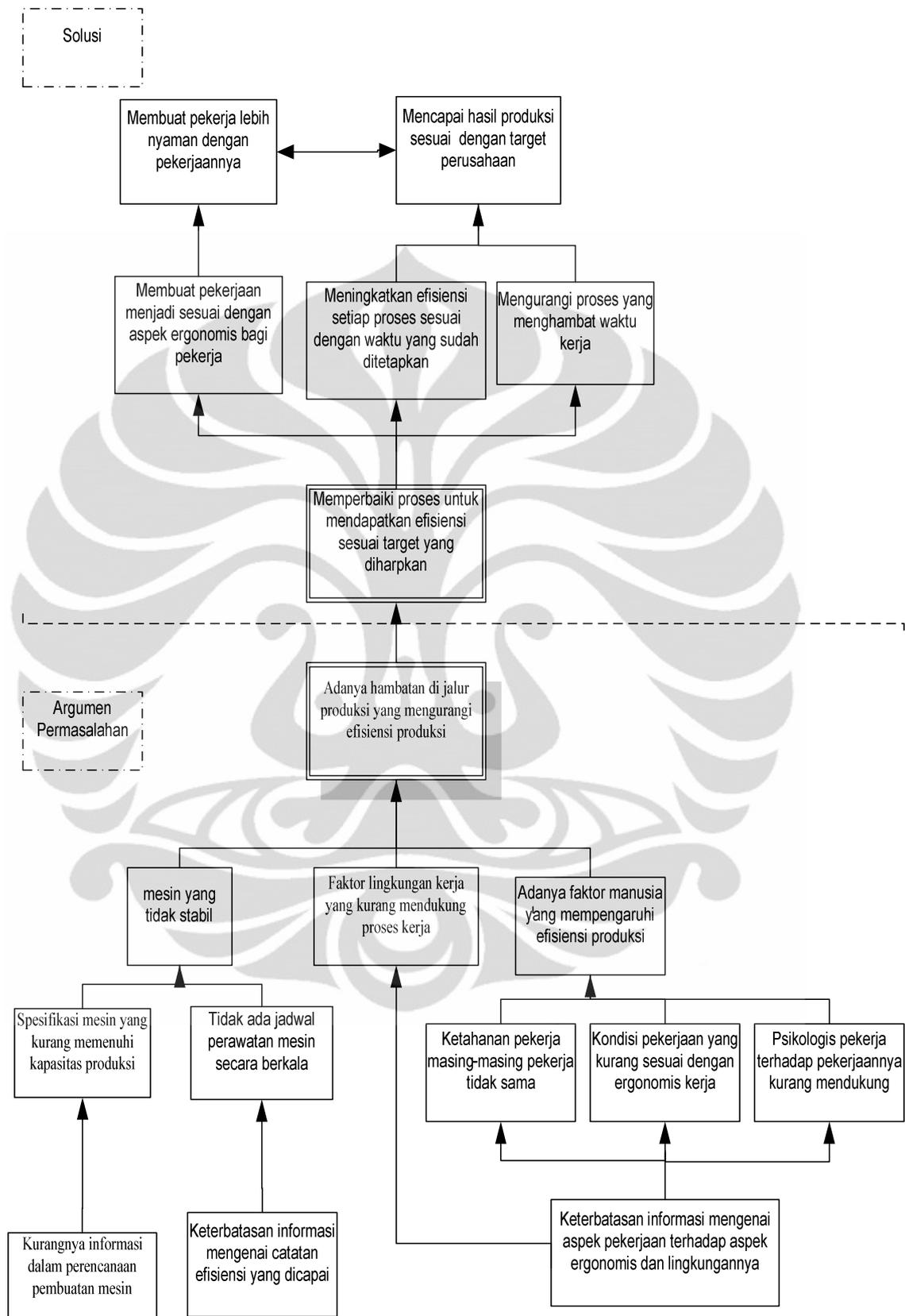
Faktor manusia dan kondisi area kerja yang tidak sesuai fungsi dan kaidah ergonomi serta prinsip *housekeeping* (5S) akan sangat mempengaruhi tingkat efisiensi produksi. Seringkali sebuah proses produksi dipengaruhi kelancarannya oleh faktor manusia dan kondisi fisik maupun psikologi operatornya, sebagai contoh pada saat operator mulai merasakan lelah akibat kerja maka daya konsentrasipun menurun, kondisi lingkungan yang tidak nyaman seperti panas dan kotor menyebabkan operator merasa tidak bergairah ataupun malas dalam bekerja, kondisi postur tubuh operator yang tidak sesuai dengan jenis pekerjaan yang

dilakukannya (karena tidak sesuai dengan kaidah ergonomi) akan membuat cedera ataupun operator cepat mencapai fase lelah sehingga sangat menghambat pekerjaan yang dilakukannya.

Faktor manusia harus diperhatikan pada saat kita menganalisa suatu masalah sehingga dalam proses penyelesaiannya harus dibedakan antara masalah yang diakibatkan oleh mesin ataupun oleh faktor manusia itu sendiri.

1.2 Diagram Keterkaitan Masalah

Bagian sebelumnya telah memberikan latar belakang dari penelitian ini. Untuk dapat memberikan gambaran sistemik yang lebih menyeluruh, maka disusun suatu diagram keterkaitan permasalahan, diagram keterkaitan masalah merupakan suatu metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang rumit dengan menggunakan koneksi logika berupa sebab-akibat (tujuan dan strategi untuk mencapainya). Permasalahan yang berhubungan dengan analisa ini dapat dilihat pada gambar 1.1 berikut ini:



Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah

Universitas Indonesia

1.3 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka pokok permasalahan yang akan dibahas adalah faktor-faktor yang mengurangi efisiensi proses produksi perakitan badan mobil, ditinjau dari faktor manusia, mesin dan lingkungan, dengan perbaikan yang berorientasi pada tercapainya target efisiensi yang telah ditetapkan dengan adanya perbaikan metode kerja yang berhubungan dengan faktor lingkungan sekitarnya.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai adalah meningkatkan efisiensi produksi sesuai target yang telah ditetapkan, yaitu 95%, dengan menganalisa faktor-faktor yang menyebabkan hambatan proses yang disebabkan oleh faktor mesin dan manusia, , Untuk faktor manusia, analisa menggunakan *Physical Methode (Muscle Fatigue Assessment: Functional Job Analysis Technique Suzanne H. Rodgers* dan untuk analisa faktor lingkungan menggunakan *Environmental metode Alan Hedges* dan kemudian mengimplementasikan hasil-hasil perbaikan tersebut kedalam proses produksi sehingga tingkat dapat tercapainya target efisiensi proses produksi.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah pada analisa ini yaitu, analisa hanya terfokus pada proses *welding body* mobil jalur produksi X-A di PT. ADM *Assembly Plant*, serta analisa mengenai faktor manusia dan lingkungan terhadap tingkat efisiensi proses produksi, tidak membahas secara detail mengenai peta operasi dan siklus proses *welding body* mobil. Tidak membahas aspek finansial dari permasalahan yang dibahas.

1.6 Metodologi Penulisan

Berikut ini adalah urutan langkah-langkah yang akan dilakukan selama pengerjaan skripsi ini, yaitu:

1. Menentukan topik penelitian

Topik penelitian ini adalah Peningkatan efisiensi proses produksi perakitan *body* mobil di bagian *welding*, dilihat dari faktor mesin, manusia dan lingkungannya.

2. Menentukan dasar teori

Dasar teori yang digunakan dalam penelitian ini adalah dasar yang berkaitan dengan masalah ergonomi dan lingkungan, dasar teori ini kemudian dijadikan sebagai dasar dalam melakukan penelitian.

3. Pengumpulan data

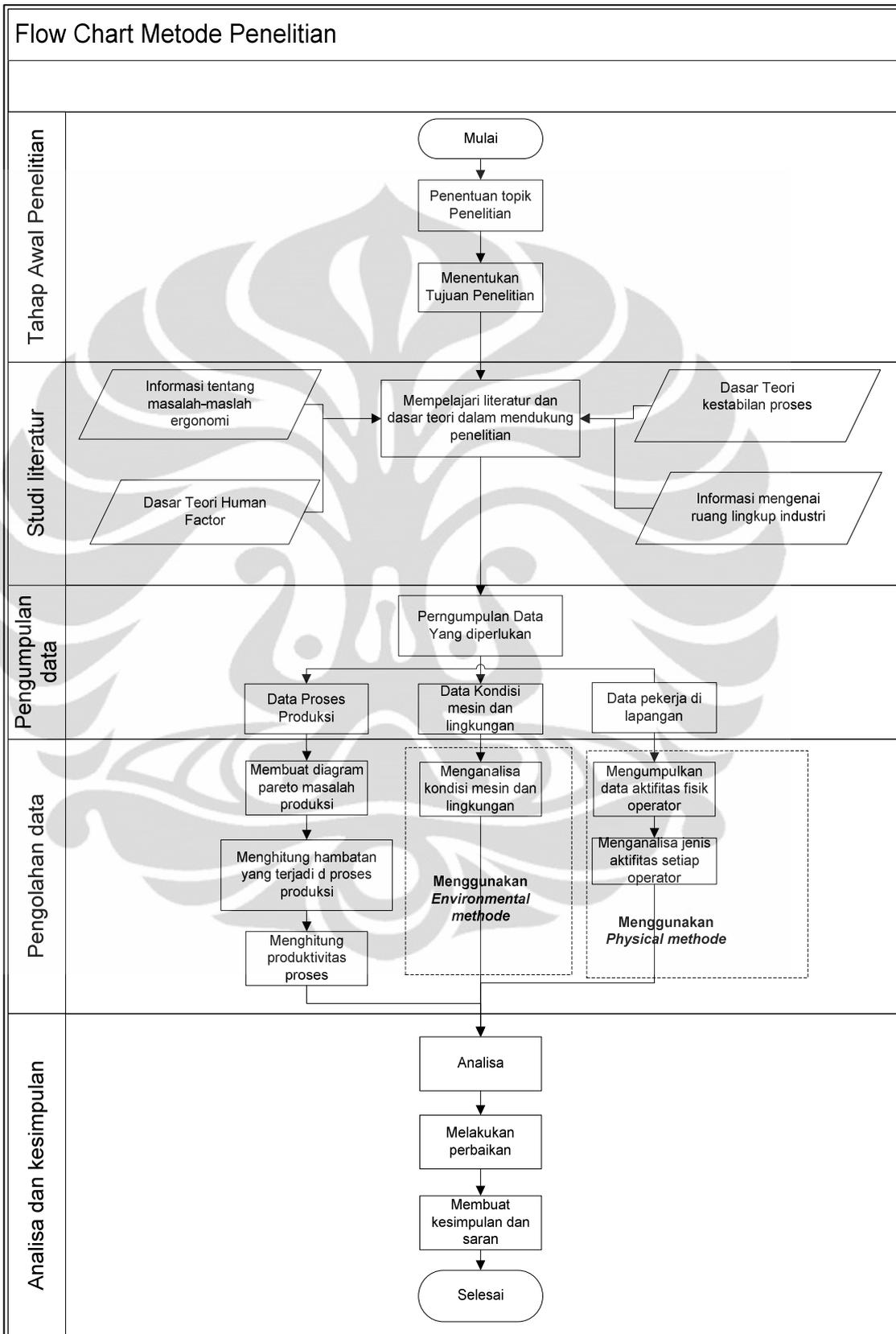
Pengumpulan data dilakukan dengan cara melakukan pengamatan langsung di jalur produksi *welding* dan melakukan pengukuran-pengukuran langsung di area produksi tersebut.

4. Pengolahan data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data-data yang diperoleh berdasarkan metode *Physical*, dan metode *environmental*.

5. Analisa data

Dalam tahap ini dilakukan analisa terhadap hasil pengolahan data untuk dilakukan perbaikan terhadap proses produksi yang berhubungan dengan ergonomi sehingga dapat mencapai tujuan dari penelitian yang dilakukan.



Gambar 1.2 *Flow Chart* Metodologi Penelitian

1.7 Sistematika Penulisan

Penelitian ini terdiri dari lima bab, yaitu bab pendahuluan, landasan teori, pengumpulan dan pengolahan data, analisis dan kesimpulan. Penjelasan sistematika dalam setiap bab adalah sebagai berikut:

- **Bab I : Pendahuluan**

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, tujuan penelitian yang ingin dicapai, ruang lingkup penelitian yang dilakukan, metodologi penelitian yang dilakukan oleh penulis, serta sistematika penulisan.

- **Bab II : Dasar Teori**

Bab ini berisi tentang landasan teori yang digunakan untuk mendukung pengerjaan topik ini.

- **Bab III : Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Bab ini berisi tentang data apa saja yang diperlukan, bagaimana cara mengumpulkan data, bagaimana cara pengolahan data, cara menganalisa dan mengambil kesimpulan.

- **Bab IV : Analisa Data**

Bab ini menjabarkan tentang analisa dari hasil aktivitas pengolahan data.

- **Bab V : Kesimpulan dan Saran**

Bab ini berisi tentang kesimpulan yang didapat setelah hasil rancangan dianalisa serta saran untuk yang berniat mengembangkan skripsi dengan topik yang sama.

BAB II

DASAR TEORI

2.1 *Human Factors*

Dalam ribuan tahun lampau nenek moyang kita hidup di lingkungan yang pada dasarnya alam, dimana keberadaan mereka hampir tergantung pada apa yang dapat mereka lakukan secara langsung dengan tangan mereka (seperti dalam memperoleh makanan) dan dengan kaki mereka (seperti dalam mengejar mangsa, sampai ke sumber makanan, dan melarikan diri dari predator). Selama berabad-abad mereka mengembangkan alat dan perlengkapan yang sederhana, dan mereka membangun tempat tinggal dari diri mereka sendiri untuk membantu dalam proses menjaga hidup dan membuat hidup lebih baik.

Umat manusia telah melalui hari dari jaman hidup primitif sampai saat ini dimana produk dan fasilitas mempunyai susunan yang luar biasa yang dibuat dengan menggunakan teknologi saat ini termasuk perlengkapan fisik dan fasilitas yang sama sekali tidak akan bisa dibayangkan oleh nenek moyang kita dalam mimpi paling liar sekalipun. Kepentingan *human factors* saat ini muncul dari kenyataan bahwa perkembangan teknologi telah memfokuskan perhatian (dalam beberapa kasus dramatis) tentang perlunya mempertimbangkan manusia dalam perkembangan tersebut.

2.1.1 *Pengertian dan Tujuan Human Factors*

Human factors adalah multidisiplin ilmu yang merupakan penggabungan dari ilmu *Psychology*, *Engineering*, *Industrial Design*, *Statistics*, *Operations Research* dan *Anthropometry* (analisa pengukuran tubuh manusia yang digunakan untuk perbandingan dan klasifikasi Antropologi), hal ini meliputi :

- Ilmu memahami sifat kemampuan manusia (*Human Factors Sains*).
- Penerapan pemahaman terhadap desain, pengembangan dan penyeberan sistem dan layanan (*human factors engineering*).
- Seni memastikan keberhasilan penerapan *human factors engineering* untuk program (*human factors integration*), hal ini juga disebut ergonomi.

Istilah *human factors* biasa digunakan di Amerika Serikat dan beberapa negara lainnya. Sedangkan *ergonomic* meskipun juga digunakan di Amerika Serikat namun lebih menonjol dikenal di Eropa dan negara selain Amerika Serikat. Istilah lain yang terkadang kita jumpai adalah *human engineering* yang biasa digunakan di militer Amerika Serikat, dan istilah *engineering psychology* yang biasa digunakan psikologi Amerika Serikat.

Human factors fokus kepada manusia dan interaksi manusia dengan peralatan, fasilitas, prosedur dan lingkungan dimana manusia bekerja dan hidup sehari-hari. Penekanannya pada manusia (sebagai kebalikan dari *engineering* dimana *engineering* lebih menekankan pada pertimbangan teknik), *human factors* juga menekankan pada bagaimana desain pada suatu benda dapat mempengaruhi manusia. Kemudian *human factors* akan mencari cara untuk mengubah segala sesuatu yang digunakan manusia dan lingkungannya dimana segala sesuatu yang digunakan tersebut bisa menjadi lebih baik kapabilitasnya, batasannya dan sesuai dengan keperluan manusia.

Human factors mempunyai 2 tujuan utama¹:

1. Meningkatkan efektivitas dan efisiensi dari pekerjaan dan aktivitas yang dilakukan, termasuk meningkatkan kenyamanan, mengurangi kesalahan, dan meningkatkan produktivitas.
2. Meningkatkan nilai kebutuhan tertentu manusia, termasuk meningkatkan keamanan, mengurangi kelelahan dan stress, meningkatkan kenyamanan, meningkatkan keberterimaan pelanggan, meningkatkan kepuasan kerja, dan memperbaiki kualitas hidup.

Pendekatan dari *human factors* adalah secara aplikatif dari informasi yang relevan tentang kapabilitas manusia, keterbatasan, karakteristik, tingkah laku dan motivasi pada desain dari hal-hal dan prosedur yang digunakan manusia serta lingkungannya.

¹ Mark S. Sanders, Ph.D. ,Ernest J. McCormick, Ph.D. , *Human Factors in Engineering and Design*, seventh edition, MC Graw Hill. hal. 4

2.1.2 Sejarah Perkembangan *Human Factors*

Perkembangan *human factors* khususnya di Amerika terbagi kedalam beberapa tahapan masa perkembangan, yaitu ²:

1. Sejarah Awal Perkembangan

Bisa dikatakan bahwa *human factors* sudah dimulai ketika manusia pertama kali menggunakan peralatan dan perlengkapan sederhana. Perkembangan *human factors* terjalin erat dengan perkembangan teknologi dimulai ketika revolusi industri sekitar akhir 1800 dan awal 1900-an, Sebagai contoh selama awal tahun 1900-an, Frank dan Lillian Gilberth memulai pekerjaan mereka dalam *motion study* dan *shop management*. Pekerjaan Gilberth dapat dipertimbangkan sebagai salah satu pelopor *human factors*, pekerjaan mereka meliputi: analisa performansi kerja, tingkat kelelahan, *design work station* dan peralatan untuk orang cacat. Analisa gilberth mengenai proses bedah di rumah sakit, sebelum Gilberth mencetuskan analisisnya, dokter bedah di rumah sakit mengambil peralatan bedahnya dari sebuah baki, hal ini sangat membuang waktu karena saat yang bersamaan dokter juga harus memperhatikan kondisi pasien, dengan analisa Gilberth dokter mengambil peralatan bedahnya dengan bantuan suster atau dokter pendamping.

2. 1945 sampai 1960: Masa Lahirnya Profesi

Pada akhir masa perang tahun 1945, laboratorium *Engineering Psychology* didirikan oleh militer Amerika Serikat yaitu, *U.S. Army Air Corps* (yang sekarang menjadi *US Air Force*) dan *U.S. Navy*, pada saat yang bersamaan perusahaan sipil pertama didirikan untuk melakukan kontrak kerja *engineering psychology* (Dunlap dan asosiasi). Usaha yang bersamaan juga terjadi di Inggris, dibina oleh dewan riset medis serta departement ilmu pengetahuan dan riset industri.

Ini adalah selama periode setelah perang dimana profesi *human factors* lahir. Pada tahun 1949, Perkumpulan Riset Ergonomi (yang sekarang disebut Perkumpulan Ergonomi) dibentuk di Inggris dan buku

² Mark S. Sanders, Ph.D. ,Ernest J. McCormick, Ph.D. , *Human Factors in Engineering and Design*, seventh edition, MC Graw Hill. hal. 6-9

pertama tentang *human factors* diterbitkan berjudul *Applied Experimental Psychology : Human Factors in Engineering Design (Chapanis, Garner, and Morgan, 1949)*. Selama beberapa tahun berikutnya konferensi diselenggarakan, publikasi *human factors* mulai muncul dan penambahan laboratorium *human factors* dan perusahaan konsultan dibentuk.

Pada tahun 1957 adalah tahun yang penting, khususnya untuk bidang *human factors* di Amerika. Pada tahun tersebut jurnal *Ergonomics Research Society* diterbitkan, perkumpulan *human factors* dibentuk, divisi 21 (Perkumpulan *Engineering Psychology*) dari asosiasi Psikologi Amerika diorganisir, edisi pertama dari buku *Human Factors in Engineering and design* dipublikasikan, dan di Rusia diluncurkan Sputnik ke angkasa. Tahun 1959 Asosiasi ergonomi internasional dibentuk untuk menghubungkan perkumpulan *human factors* dan ergonomi dari berbagai negara diseluruh dunia.

3. 1960 sampai 1980-an : Periode Pertumbuhan Cepat

Selama 20 tahun antara 1960 – 1980 terjadi pertumbuhan dan ekspansi yang cepat dari bidang *human factors*, sampai tahun 1960-an *human factors* dasar-dasarnya terkonsentrasi pada industri militer yang kompleks. Dengan adanya perlombaan penerbangan ke luar angkasa , *human factors* secara cepat menjadi bagian yang penting pada program pesawat luar angkasa. Indikasi pertumbuhan *human factors* pada periode ini adalah keanggotan dari Perkumpulan *Human Factors* tahun 1960 mencapai 500, meningkat lagi menjadi lebih dari 3000 keanggotaan pada tahun 1980.

4. 1980 sampai 1990: Era komputer, Bencana dan Proses Pengadilan

Pada tahun 1990 keanggotan *human factors* berkembang lebih pesat lagi menjadi hampir 5000 keanggotaan. Revolusi komputer menghantarkan *human factors* menjadi pusat perhatian. Pembicaraan tentang peralatan komputer yang didesain secara ergonomi, Perangkat lunak yang mudah penggunaannya, dan *human factors* dikantor menjadi bagian yang tak terpisahkan dari artikel majalah dan surat kabar.

Pada tahun 1980-an masa dimana terjadi bencana teknologi, yaitu :

- Kecelakaan terjadi di station nuklir Three mile Island tahun 1979
- Pada tanggal 4 desember 1984 terjadi kebocoran *Methylisocyanate* (MIC) di *Union Carbide Pesticide Plant* Bhopal, India menewaskan 4000 orang dan melukai lebih dari 200.000 orang
- Pada tahun 1986 terjadi ledakan dan kebakaran di Power station nuklir chernobyl di Uni soviet menewaskan lebih dari 300 orang, terjadi paparan radiasi yang luas, dan jutaan area terkontaminasi *radioaktif*
- Pada tahun 1989 terjadi ledakan di *Phillip Petroleum Plastics Plant* Texas, hempasannya setara dengan 10 ton bahan peledak TNT, menewaskan 23 orang, melukai 100 pekerja, dan kerugian asuransi bisnis terbesar sepanjang sejarah yakni mencapai 1.5 miliar dollar.

Hasil analisa Meshkati (1989, 1991) menunjukkan bahwa adanya kurang perhatian terhadap pertimbangan *Human factors* yang digunakan untuk peran-peran industri yang penting (vital).

5. Periode 1990-an

Dewan riset nasional (Van cott dan huey, 1991) memperkirakan permintaan akan tenaga spesialis bidang *Human Factors* akan banyak dibutuhkan ditahun 1990-an. Sebagai contoh *U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA)* membuat formula kebijakan ergonomi untuk industri umum selama tahun 1990-an, kongres U.S tahun 1988 memerintahkan *Federal Aviation Administration (FAA)* untuk mengembangkan riset *human factors* supaya bisa memperbaiki keselamatan penerbangan.

Dua area lain yang mengharuskan pengembangan *human factors* yaitu desain peralatan medis dan mendesain produk serta peralatan yang sudah tua.

2.2 Pentingnya *Human Factors* Untuk Sosial

Human factors atau Ergonomi dapat memberikan kontribusi pemecahan sejumlah besar masalah sosial terkait dengan keselamatan, kenyamanan, keseha-

tan dan efisiensi masalah³. Kejadian harian seperti kecelakaan di tempat kerja, di lalu lintas dan di rumah, serta bencana yang melibatkan crane, pesawat terbang dan pembangkit listrik tenaga nuklir sering kali dapat dikaitkan dengan kesalahan manusia. Dari analisis kegagalan ini tampak bahwa penyebabnya adalah sering karena hubungan yang buruk dan tidak memadai antara operator dan tugas mereka. Kemungkinan kecelakaan dapat dikurangi dengan memperhatikan lebih baik dari kemampuan manusia dan keterbatasan saat merancang lingkungan kerja dan kehidupan sehari-hari.

Banyak pekerjaan dan situasi kehidupan sehari-hari berbahaya bagi kesehatan. Di negara-negara barat penyakit seperti sistem muskuloskeletal (nyeri punggung terutama lebih rendah), penyakit psikologis (misalnya, karena stres) merupakan penyebab yang utama ketidakhadiran karena sakit, dan cacat pekerjaan. Kondisi ini sebagian besar disebabkan oleh desain peralatan, sistem teknis dan tugas-tugas yang kurang ergonomis. Oleh karena ergonomi dapat membantu mengurangi masalah dengan memperbaiki kondisi kerja. Saat ini di sejumlah negara, layanan kesehatan kerja diwajibkan untuk mempekerjakan orang yang ahli dibidang ergonomi.

Akhirnya, ergonomi dapat berkontribusi dengan mencegah ketidaknyamanan dan juga membantu meningkatkan kinerja. Dalam desain sistem teknis yang kompleks seperti proses instalasi pembangkit listrik tenaga nuklir dan pesawat ergonomi telah menjadi salah satu faktor desain yang paling penting dalam mengurangi kesalahan operator. Beberapa pengetahuan ergonomi telah disusun menjadi standar resmi yang bertujuan untuk merangsang penerapan ergonomi.

2.3 Aplikasi *Human Factors* Untuk Meningkatkan Kualitas dan Keamanan

Human factors dapat diterapkan untuk meningkatkan kualitas yaitu melalui⁴:

- Analisa Kecelakaan.

³ Dul, Jan and Weerdmeester, Bernard, *Ergonomics for Beginners*, Taylor and Francis. hal.3

⁴ Handyside James and Suresh Gautham, *Human Factors and Quality Improvement*. hal. 124

Ketika terjadi kecelakaan secepatnya dilakukan investigasi untuk mengidentifikasi Human factor yang berperan terhadap terjadinya kecelakaan tersebut. Sebuah penyelidikan yang sistematis perlu dilakukan untuk memastikan keadaan yang sebenarnya disekitar kecelakaan, misalnya: tingkat pencahayaan, tingkat kebisingan, posisi kerja, posisi benda kerja, apakah ada kesalahan terhadap peralatan yang digunakan, kelelahan. Sejumlah faktor dapat secara potensial berperan dalam terjadinya kecelakaan maka dari itu harus secara sistematis diinvestigasi.

- Mengembangkan intervensi untuk meningkatkan keamanan.

Setelah selesai dilakukannya analisa dari kecelakaan, para engineer biasanya mengembangkan beberapa hipotesis tentang kenapa kecelakaan tersebut dapat terjadi dan faktor apa saja yang berpengaruh. Berdasarkan hipotesis tersebut serta literatur yang berkaitan atau pengalaman dari institusi lain yang membahas masalah yang sama, engineer kemudian memutuskan penerapan intervensi keamanan, intervensi tersebut harus didisain sesuai *human factors*. Misalnya intervensi terhadap kesalahan pompa infus di rumah sakit yang terjadi karena kurangnya pencahayaan dan kurangnya pengalaman dari perawat saat mengatur kecepatan infus tersebut.

- Proaktif dalam pencegahan terjadinya masalah atau kecelakaan.

Pencegahan kecelakaan dapat dicapai dengan penerapan *human factors* terhadap pembelian peralatan baru, desain peralatan baru tempat kerja, posisi benda kerja. Kondisi area kerja dimana terjadi kecelakaan dapat dirubah berdasarkan prinsip *human factors* untuk meningkatkan efisiensi dan keamanan.

- Peningkatan efisiensi, ketepatan waktu, akurasi dan menurunkan tingkat stress.

Penundaan dapat dikurangi dan efisiensi dapat ditingkatkan melalui penggunaan *human factors*, misalnya pada saat bekerja peralatan yang akan digunakan diletakkan ditempat yang mudah dijangkau, peralatan tersebut mudah digunakan dan tepat penggunaannya maka akan menghasilkan sedikitnya tingkat kelelahan yang terjadi dan pekerjaan

tersebut dapat dicapai lebih cepat dan akurat dengan sedikit kesalahan yang terjadi.

2.4 *Human Factors* dan Pengaruhnya Terhadap Beban Kerja

Manusia sebagai makhluk individu memiliki perbedaan dalam hal kemampuan untuk menyelesaikan tugas-tugas, pekerjaan, menggunakan peralatan, atau fungsi peralatan, meskipun terkadang telah dilakukan pelatihan atau perekrutan secara profesional dengan kualifikasi pekerjaan yang sama.

Seiring dengan perkembangan teknologi maka aspek manusia menjadi penting untuk diperhatikan. Dalam hal ini, *human factors* muncul sebagai salah satu aspek yang sangat diperhitungkan khususnya di negara-negara maju seperti Amerika Serikat dan Eropa. Bentuk lain dari *human factors* sering dihubungkan dengan *ergonomi* atau *human engineering*.

Salah satu teori yang dapat digunakan untuk menciptakan kesesuaian antara manusia sebagai pusat kendali dengan komponen lainnya pada saat melakukan kegiatan adalah Model SHELL. Model ini merupakan gambaran dari unsur-unsur utama yang saling berinteraksi. Manusia (*liveware*) sebagai pusat interaksi dikelilingi oleh 4 (empat) kelompok utama yaitu:

- ***Liveware–hardware*** : manusia dan mesin (termasuk peralatan);
- ***Liveware–software*** : manusia dan material lainnya (seperti dokumen, prosedur, simbol dan sebagainya);
- ***Liveware–environment*** : manusia dan lingkungan (termasuk faktor internal dan eksternal tempat kerja);
- ***Liveware–liveware*** : manusia dan manusia lainnya (termasuk teman sekerja dan kolega).

Tujuan dari model ini adalah bagaimana menciptakan interaksi optimal antar setiap komponen.

Dalam melaksanakan interaksi tersebut di atas, seringkali manusia (*liveware*) merasakan gangguan sebagai akibat dari faktor pembebanan yang dirasakan. Faktor pembebanan ini dapat berupa fisik maupun psikis.

Beban Kerja

Secara garis besar, kegiatan manusia dapat digolongkan dalam dua komponen utama yaitu kerja fisik (menggunakan otot sebagai kegiatan sentral) dan kerja mental (menggunakan otak sebagai pencetus utama)⁵. Kedua kegiatan ini tidak dapat dipisahkan secara sempurna mengingat terdapat hubungan yang erat antara satu dengan yang lainnya. Namun, jika dilihat dari energi yang dikeluarkan, maka kerja mental murni relatif lebih sedikit mengeluarkan energi dibandingkan dengan kerja fisik.

2.4.1 Beban Kerja Mental

Menurut Henry R. Jex dalam bukunya "*Human Mental Workload*", definisi beban kerja mental yakni:

"Mental workload is the operator's evaluation of the attentional load margin (between their motivated capacity and the current task demands) while achieving adequate task performance in a mission relevant context".

Seiring dengan berjalannya waktu, kemampuan seseorang dapat saja berubah sebagai akibat dari praktek terhadap pekerjaan (Kemampuan meningkat), kelelahan yang ditimbulkan (kemampuan menurun), dan kebosanan terhadap pekerjaan dan kondisi (kemampuan menurun). Kemampuan seseorang akan berbeda dengan orang lain karena perbedaan dukungan fisik dan mental, perbedaan latihan, dan perbedaan pekerjaan.

Hubungan antara beban kerja dengan kinerja dapat dilihat dalam bentuk kurva U terbalik. Kinerja manusia pada tingkat beban kerja rendah tidak juga baik. Jika tidak banyak hal yang dapat dikerjakan maka orang tersebut akan mudah bosan dan cenderung kehilangan ketertarikan terhadap pekerjaan yang dilakukan. Dalam keadaan ini (*underload*), efek yang akan muncul dalam bentuk kehilangan informasi sebagai akibat dari menurunnya konsentrasi.

Pengukuran beban kerja mental merupakan pengukuran beban kerja yang dilakukan secara subyektif dimana sumber data yang diolah merupakan data-data kualitatif. Beberapa jenis pengukuran subyektif yang telah dilakukan yakni:

⁵ Rodgers, S.H. (1988), Job evaluation in worker fitness determination, in *Worker Fitness and Risk Evaluations*, Himmelstein, J. and Pransky, G., Eds., Hanley and Belfus, Philadelphia.

➤ ***Subjective Workload Assessment Technique (SWAT);***

Metode ini pertama kali diperkenalkan oleh Reid dan Nygren pada *Harry G. Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory Wright – Patterson Air Force Base, Ohio, USA*. Metode ini muncul sebagai akibat dari meningkatnya kebutuhan akan pengukuran subyektif yang dapat digunakan dalam pekerjaan secara langsung. SWAT ini dibuat sedemikian rupa sehingga tanggapan hanya diberikan melalui tiga deskriptor pada masing-masing tiga faktor atau dimensi. Penggunaan metode ini dilakukan melalui 2 (dua) tahapan pekerjaan yakni *scale development* dan *event scoring*.

➤ ***National Aeronautics and Space Administration–Task Load Index (NASA–TLX);***

NASA–TLX merupakan *multidimensional scale* yang digunakan untuk mengukur beban kerja mental sebagai fungsi dari *mental demand, physical demand, temporal demand, performance, effort, dan frustration dimension*.

- *Cooper Harper Scale* (Wierwille dan Casali, 1983);
- *Multidescriptor Scale* (Wierwille dan Casali, 1983);
- *Workload – Compensation – Interference/Technical Effectiveness Scale* (Wierwille dan Connor, 1983);
- *Overall Workload Scale* (Hill et al, 1992);
- *Consumer Mental Workload Scale* (Owen, 1992);
- *Direct Scaling* (Ghieseddin, 1995).

Hingga saat ini, SWAT dan NASA–TLX merupakan metode yang paling banyak digunakan.

2.4.1.2 Beban Kerja Fisik

Perkerjaan yang dilakukan dengan mengandalkan kegiatan fisik semata akan mengakibatkan perubahan pada fungsi alat-alat tubuh yang dapat dideteksi melalui perubahan:

- Konsumsi oksigen;
- Denyut jantung;
- Peredaran darah dalam paru-paru;
- Temperatur tubuh;

- Konsentrasi asam laktat dalam darah;
- Komposisi kimia dalam darah dan air seni;
- Tingkat penguapan, dan faktor lainnya.

Kerja fisik akan mengakibatkan pengeluaran energi yang berhubungan dengan konsumsi energi. Konsumsi energi pada saat kerja biasanya ditentukan dengan cara tidak langsung yaitu dengan pengukuran kecepatan denyut jantung atau konsumsi oksigen.

Pengukuran beban kerja fisik merupakan pengukuran beban kerja yang dilakukan secara obyektif dimana sumber data yang diolah merupakan data-data kuantitatif, misalnya:

- **Konsumsi oksigen**

Oksigen yang dikonsumsi oleh seseorang akan dipengaruhi oleh intensitas pekerjaan yang dilakukan. Secara khusus, konsumsi oksigen dapat dibandingkan dengan kapasitas kerja fisik (*Physical Work Capacity* – PWC). PWC menggambarkan jumlah oksigen maksimum yang dapat dikonsumsi oleh seseorang pada setiap menitnya. Menurut Astrand dan Rodahl (1986), persentase PWC yang tinggi pada suatu pekerjaan tertentu akan mengindikasikan beban fisik atau kelelahan yang dialami.

- **Denyut jantung atau denyut nadi**

Denyut jantung atau denyut nadi digunakan untuk mengukur beban kerja dinamis seseorang sebagai manifestasi dari gerakan otot. Semakin besar aktifitas otot maka akan semakin besar fluktuasi dari gerakan denyut jantung yang ada, demikian pula sebaliknya.

Menurut Grandjean (1998) dan Suyasning (1981), beban kerja dapat diukur dengan denyut nadi kerja. Selain itu, denyut nadi juga dapat digunakan untuk memperkirakan kondisi fisik atau derajat kesegaran jasmani seseorang. Denyut jantung (yang diukur per menit) dapat digunakan untuk mengukur tingkat kelelahan seseorang. Cara lain yang dapat dilakukan untuk merekam denyut jantung seseorang pada saat kerja yakni dengan menggunakan *electromyography* (EMG).

2.5 Jenis-Jenis Kelelahan Otot

Kelelahan otot dapat didefinisikan secara sederhana dan operasional sebagai sesuatu keadaan dimana kemampuan fisik berkurang, rasa kelelahan menunjukkan bahwa tubuh menjadi tidak dapat melanjutkan atau mengulangi usaha yang sedang dikerjakan, timbulnya sinyal kelelahan ini memberikan keuntungan untuk mencegah kerusakan otot yang lebih serius.

Macam-macam jenis kelelahan otot⁶ :

➤ Kelelahan Neuromuskular

Faktor pembatas pada aktivitas yang kuat dan cepat terletak pada taut neuromuskulus. Neuron motorik aktif tidak mampu mensintesis asetilkolin dengan cukup cepat untuk mempertahankan transmisi kimiawi potensial aksi dari neuron motorik ke otot.

➤ Kelelahan Sentral atau Kelelahan Psikologis

Jika kerja otot tidak adekuat mengaktifkan neuron motorik yang mempersarafi otot yang bekerja. Individu akan memperlambat atau menghentikan aktivitasnya. Olahraga berat, kelelahan mungkin berakar pada rasa tidak nyaman yang berkaitan dengan aktivitas sehingga perlu motivasi. Olahraga kurang berat berkaitan dengan kebosanan atau kurang tidur. Mekanismenya masih belum jelas.

➤ Kelelahan otot yang bersifat lokal atau menyeluruh

Menyertai latihan yang berintensitas tinggi dan waktunya singkat akibat akumulasi asam laktat dalam darah dan otot. Berhubungan dengan resistensi energi bagian otot selama kontraksi atau rileksasi otot *Fast Twitch*.

➤ Kelelahan yang menyertai olahraga endurance

Kelelahan ini terjadi karena kelelahan otot (lokal) dan di luar otot (komponen tubuh lain). Kelelahan lokal karena terkurasnya cadangan glikogen otot baik di *FT (Fast Twitch) / ST (Slow Twicth)*.

2.6 Efisiensi

Efisiensi secara umum menggambarkan sejauh mana waktu atau usaha baik digunakan untuk tugas atau tujuan yang dimaksudkan. Hal ini sering

⁶ Rodgers, S.H. (1987), Recovery time needs for repetitive work, *Semin. Occup. Med.*, 2, 19–24.

digunakan dengan tujuan khusus menyampaikan kemampuan aplikasi spesifik dari upaya untuk menghasilkan hasil yang spesifik secara efektif dengan jumlah minimum atau kuantitas limbah, biaya, atau usaha yang tidak perlu. "Efisiensi" memiliki makna yang sangat beragam di berbagai disiplin ilmu.

Istilah efisien sering disalah artikan yaitu disamakan dengan istilah efektif padahal secara umum efisiensi adalah sebuah konsep terukur, kuantitatif ditentukan oleh rasio output ke input. Sedangkan efektivitas merupakan konsep non-kuantitatif terutama berkaitan dengan pencapaian tujuan. Dalam beberapa kasus efisiensi dapat dinyatakan sebagai hasil sebagai persentase dari apa yang idealnya bisa diharapkan, maka dengan nilai 100% sebagai kasus yang ideal. Ini tidak selalu berlaku, bahkan tidak dalam semua kasus di mana efisiensi dapat diberi nilai numerik, misalnya tidak untuk impuls spesifik.

Efisiensi yang sesuai dengan rasio $r = \text{Output} / \text{Input}$, Output merupakan jumlah beberapa sumber daya yang berharga yang dihasilkan, sedangkan Input merupakan sumber daya berharga yang dikonsumsi. Hal ini sesuai dengan persentase jika produk dan bahan habis pakai yang diukur dalam satuan yang kompatibel, dan jika habis diubah menjadi produk melalui proses konservatif.

2.7 Efisiensi Kaitannya dengan Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Latin yaitu *Ergos* (kerja) dan *Nomos* (hukum alam) dan didefinisikan sebagai studi tentang aspek-aspek manusia dalam lingkungan kerjanya yang ditinjau secara anatomi, fisiologi, psikologi, *engineering*, manajemen dan desain atau perancangan untuk mendapatkan suasana kerja yang sesuai dengan manusianya. Tujuan utama ilmu ergonomi adalah menyesuaikan tempat kerja dengan pekerja itu sendiri.

Ergonomi secara khusus mempelajari keterbatasan dan kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan teknologi dan produk-produk buaatannya. Ilmu ini berangkat dari kenyataan bahwa manusia memiliki batas-batas kemampuan baik jangka pendek maupun jangka panjang, pada saat berhadapan dengan lingkungan sistem kerja yang berupa perangkat keras atau *hardware* (mesin, peralatan kerja, dsb) dan perangkat lunak atau *software* (metode kerja, sistem, dsb). Ilmu ergonomi merupakan ilmu yang peduli akan adanya keserasian

manusia dan pekerjaannya, menempatkan manusia sebagai unsur pertama, yaitu pada kemampuan, kebolehan, dan batasannya. Ergonomi bertujuan membuat pekerjaan, peralatan, informasi, dan lingkungan yang serasi satu sama lainnya. Metodenya dengan menganalisis hubungan fisik antara manusia dengan fasilitas kerja. Manfaat dan tujuan ilmu ini adalah untuk mengurangi ketidaknyamanan pada saat bekerja. Pendekatan keilmuan yang digunakan adalah *human-centered* atau berorientasi kepada manusia. Oleh karena itu, selama manusia masih berhubungan dengan dunia kerja atau berhubungan dengan mesin, selama itu pula, ergonomi akan dipakai dan selalu dibutuhkan, baik oleh perusahaan maupun oleh dunia pendidikan.

Lingkungan kerja yang tidak sehat akan menjadi beban tambahan bagi kerja dan atau bagi karyawan, misalnya :

- a) Penerangan atau pencahayaan ruangan kerja yang tidak cukup dapat menyebabkan kelelahan mata.
- b) Binatang, khususnya serangga (nyamuk, kecoa, lalat, dan sebagainya) selain mengganggu konsentrasi kerja juga merupakan pemindahan (vektor) dan penyebab penyakit.
- c) Gas, uap, asap dan debu yang terhisap lewat pernapasan dapat mempengaruhi berfungsinya berbagai jaringan tubuh yang akhirnya menurunkan daya kerja.
- d) Kegaduhan dan bising dapat mengganggu konsentrasi, mengganggu daya ingat dan menyebabkan kelelahan psikologis.
- e) Hubungan atau iklim kerja yang tidak harmonis dapat menimbulkan kebosanan, tidak betah kerja dan sebagainya yang akhirnya menurunkan produktivitas kerja.
- f) Alat-alat bantu kerja yang tidak ergonomis (tidak sesuai dengan ukuran tubuh) akan menyebabkan kelelahan kerja yang cepat.

Maka agar faktor-faktor di atas tidak menjadi beban tambahan kerja, faktor lingkungan tersebut dapat diatur sedemikian rupa sehingga dapat meningkatkan gairah kerja, misalnya:

- a) Penerangan / pencahayaan yang cukup, standar penerangan tempat kerja setara dengan 100-200 kaki lilin atau minimal 300 lux (sumber dinas kesehatan lingkungan). Penggunaan lampu neon (fluorecent) dianjurkan karena kesilauan rendah, tidak banyak bayangan, dan suhu rendah.
- b) Bebas serangga (lalat, nyamuk, kecoa) dan bebas dari bau-bauan yang tidak sedap.
- c) Ruangan yang diberi pendingin (AC) akan menimbulkan efisiensi kerja namun suhu yang terlalu dingin juga akan mengurangi efisiensi.
- d) Dekorasi warna di tempat kerja. Warna atau cat tembok mempunyai arti penting dalam kesehatan kerja. Warna merah padam misalnya, dapat merangsang seseorang bekerja lebih cepat daripada warna biru.

Definisi Kerja, merupakan sesuatu yang dikeluarkan oleh seseorang sebagai profesinya, dan dengan sengaja dilakukan untuk mendapatkan penghasilan. Pengeluaran tersebut berupa energi untuk kegiatan yang dibutuhkan oleh seseorang untuk mencapai tujuan tertentu.

Setiap individu atau manusia mempunyai kemampuan berbeda-beda dalam melakukan pekerjaannya yang pasti mempunyai perbedaan dengan orang lain meskipun pendidikan dan pengalamannya sama serta bekerja pada suatu pekerjaan ataupun tugas yang sama. Perbedaan ini disebabkan karena kapasitas yang dimiliki orang tersebut berbeda. Kemampuan tenaga kerja pada umumnya dapat diukur dari keterampilannya dalam melaksanakan pekerjaannya. Semakin tinggi keterampilan yang dimiliki oleh tenaga kerja, semakin efisien badan (anggota badan), tenaga dan pemikiran (mentalnya) dalam melaksanakan pekerjaan. Penggunaan tenaga dan mental atau jiwa yang efisien, berarti beban kerjanya relatif rendah.

Maka dari itu efisiensi kerja sangat penting dalam mengkaji kinerja karyawan, khususnya agar para pekerja tidak mengalami kelelahan dalam waktu cepat dalam bekerja. Karena suatu efisiensi kerja berkaitan dengan pelaksanaan atau kegiatan yang dilakukan manusia dari pekerjaannya.

Oleh karena itu suatu perusahaan sekiranya dapat membuat suatu system ataupun memperhatikan suatu efisiensi dari suatu pekerjaan yang dilakukan oleh

manusia agar kinerjanya dapat lebih maksimal, dan tentunya tidak menimbulkan efek lelah yang terjadi dalam waktu yang singkat. Suatu efisiensi kerja dapat dirancang melalui proses yang benar yang sesuai dengan aspek ergonomi.

2.8 Metode-Metode dalam Analisa *Human Factors* dan Lingkungan

Ada banyak metode yang bisa kita gunakan untuk menganalisa Faktor manusia dan Faktor lingkungan. Metode-metode tersebut adalah ⁷:

➤ *Physical methods*

- *Physical methods* Alan Hedge
- *PLIBEL — The Method Assigned for Identification of Ergonomic Hazards* Kristina Kemmlert
- *Musculoskeletal Discomfort Surveys Used at NIOSH* Steven L. Sauter, Naomi G. Swanson, Thomas R. Waters, Thomas R. Hales, and Robin Dunkin-Chadwick
- *The Dutch Musculoskeletal Questionnaire (DMQ)* Vincent H. Hildebrandt
- *Quick Exposure Checklist (QEC) for the Assessment of Workplace Risks for Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs)* Guangyan Li and Peter Buckle
- *Rapid Upper Limb Assessment (RULA)* Lynn McAtamney and Nigel Corlett
- *Rapid Entire Body Assessment* Lynn McAtamney and Sue Hignett
- *The Strain Index* J. Steven Moore and Gordon A. Vos
- *Posture Checklist Using Personal Digital Assistant (PDA) Technology* Karen Jacobs
- *Scaling Experiences during Work: Perceived Exertion and Difficulty* Gunnar Borg
- *Muscle Fatigue Assessment: Functional Job Analysis Technique* Suzanne H. Rodgers

➤ *Psychophysiological Methods*

⁷ Stanton, Neville A. ,Hedge, Alan ,Salas, Eduardo ,Hendrick, Hal W. And Brookhuis, Karel , *The Handbook of Human Factors and Ergonomics methods*, CRC press.

- *Psychophysiological Methods* Karel A. Brookhuis
- *Electrodermal Measurement* Wolfram Boucsein
- *Electromyography (EMG)* Matthias Göbel
- *Estimating Mental Effort Using Heart Rate and Heart Rate Variability* Lambertus (Ben) J.M. Mulder, Dick de Waard, and Karel A. Brookhuis
- *Dll*
- ***Behavioral and Cognitive Methods***
 - *Behavioral and Cognitive Methods* Neville A. Stanton
 - *Observation* Neville A. Stanton, Christopher Baber, and Mark S. Young
 - *Applying Interviews to Usability Assessment* Mark S. Young and Neville A. Stanton
 - *Verbal Protocol Analysis* Guy Walker
 - *Dll*
- ***Team Methods***
 - *Team Methods* Eduardo Salas
 - *Team Training* Eduardo Salas and Heather A. Priest
 - *Distributed Simulation Training for Teams* Dee H. Andrews
 - *Synthetic Task Environments for Teams: CERTT's UAV-STE* Nancy J. Cooke and Steven M. Shope
 - *Dll*
- ***Environmental Methods***
 - *Environmental Methods* Alan Hedge
 - *Thermal Conditions Measurement* George Havenith
 - *Cold Stress Indices* Hannu Rintamäki
 - *Heat Stress Indices* Alan Hedge
 - *Dll*
- ***Macroergonomic Methods***
 - *Macroergonomic Methods* Hal W. Hendrick

- *Macroergonomic Organizational Questionnaire Survey (MOQS)*
Pascale Carayon and Peter Hoonakker
- *Interview Methods Leah Newman*
- *Focus Groups Leah Newman*
- *Dll*

2.7.1 Metode Fisik (*Physical methode*)

- ***Physical Methode Allan Hedge***

Penggunaan metode fisik untuk menilai bagaimana suatu pekerjaan dilakukan sangat penting dari sisi ergonomis. Metode fisik yang digunakan untuk memperoleh pengawasan penting untuk pengelolaan resiko cedera dalam angkatan kerja⁸. Hal ini berlaku umum bahwa banyak luka muskuloskeletal berawal dari ketidaknyamanan pekerja saat melakukan aktivitas, jika hal-hal tersebut diabaikan akan mengarah kepada keparahan gejala. Gejala ketidaknyamanan tersebut akan berubah menjadi intens sakit dan nyeri. Sakit dan nyeri ini jika dibiarkan maka akan menjadi kumulatif cedera muskuloskeletal seperti: tendonitis, tenosinovitis, atau cedera serius saraf-kompresi seperti karpal tunnel syndrome. Sensasi ketidaknyamanan adalah tanda-tanda awal tubuh peringatan bahwa beberapa atribut pekerjaan pekerja harus diubah.

Ketidaknyamanan juga akan mempengaruhi kinerja kerja, baik mengurangi kuantitas pekerjaan, maupun penurunan kualitas pekerjaan melalui tingkat kesalahan yang meningkat, atau keduanya.

Ada 3 metode yang bisa digunakan untuk mengukur ketidaknyamanan secara objektif, yaitu : PLIBEL, US National Institut Keselamatan dan Kesehatan Kerja (NIOSH) untuk survei ketidaknyamanan, dan Survei belanda untuk muskuloskeletal.

- **PLIBEL**

PLIBEL adalah *checklist* penyaringan sederhana yang dimaksudkan untuk Menyoroti resiko muskuloskeletal yang berhubungan dengan tempat kerja, aspek waktu, pertimbangan lingkungan dan organisasi bisa dianggap sebagai faktor yang

⁸ Stanton, Neville A. ,Hedge, Alan ,Salas, Eduardo ,Hendrick, Hal W. And Brookhuis, Karel , *The Handbook of Human Factors and Ergonomics methods*, CRC press. Hal.2-1

berpengaruh⁹. Metode ini adalah metode penilaian umum, tidak dimaksudkan untuk setiap jenis pekerjaan tertentu.

Keuntungan dari metode ini adalah sederhana dan dirancang untuk memeriksa kondisi primer. PLIBEL merupakan metode investigasi awal untuk pengamat tempat kerja untuk mengidentifikasi bahaya ergonomis dan dapat dilengkapi dengan pengukuran lain, misalnya berat dan waktu, atau kutipan pengamatan dari penelitian lain

Kelemahannya adalah metode ini terlalu umum tidak untuk jenis pekerjaan tertentu

- ***Muscle Fatigue Assessment (MFA): Job Analysis technique***

Metode ini dikenal juga sebagai teknik evaluasi pekerjaan fungsional¹⁰, dikembangkan oleh Rodgers dan Williams (1987) mengkarakterisasi ketidaknyamanan yang dijelaskan oleh para pekerja di perakitan mobil baris dan tugas fabrikasi.

Metode MFA yang paling tepat untuk mengevaluasi tugas-tugas produksi memiliki kurang dari 12 sampai 15 pengulangan per menit dengan kelompok otot yang sama, hal ini juga bisa digunakan untuk mempelajari pekerjaan kantor dan jasa.

Prosedur dari Metode MFA ini adalah¹¹:

- Mengidentifikasi masalah pekerjaan.
Ada tidaknya potensi cedera atau keluhan yg diakibatkan oleh pekerjaan
- Mengidentifikasi masalah tugas pada pekerjaan.
Review data kecelakaan/cedera, dan data penyakit akibat kerja, tingkat kesulitan pekerjaan, serta lamanya pekerjaan yang dilakukan
- Memilih tugas pekerjaan untuk dianalisa.
Susun berdasarkan prioritas paling atas pada langkah 2
- Menentukan tingkat intensitas kerja setiap bagian tubuh.

⁹ Stanton, Neville A. ,Hedge, Alan ,Salas, Eduardo ,Hendrick, Hal W. And Brookhuis, Karel , *The Handbook of Human Factors and Ergonomics methods*, CRC press. Hal.3-1

¹⁰ Stanton, Neville A. ,Hedge, Alan ,Salas, Eduardo ,Hendrick, Hal W. And Brookhuis, Karel , *The Handbook of Human Factors and Ergonomics methods*, CRC press. Hal.12-1

¹¹ Stanton, Neville A. ,Hedge, Alan ,Salas, Eduardo ,Hendrick, Hal W. And Brookhuis, Karel , *The Handbook of Human Factors and Ergonomics methods*, CRC press. Hal.12-3

Gunakan rekaman video untuk melihat tingkat intensitas (minimal 4-6 menit pekerjaan yang kontinyu untuk mempelajari karakteristik pekerjaan, meminta pekerja untuk ikut menentukan tingkat intensitas kerja, dan membuat list urutan tingkat intensitas kerja mulai dari yang paling ringan, sedang dan berat)

- Menentukan durasi kerja (dalam detik) untuk setiap intensitas kerja tiap bagian tubuh.

Gunakan *stopwatch* untuk menentukan lamanya durasi pekerjaan yang dilakukan secara terus-menerus sebelum pergantian pekerjaan atau relaksasi (istirahat)

- Menentukan frekuensi kerja (dalam menit) pada intensitas pekerjaan yang sama untuk setiap bagian tubuh.
- Menggunakan peringkat tiga nomor yang dihasilkan dari langkah 4 sampai dengan 6. Tentukan prioritas untuk perubahan skor, masukan kedalam kolom terakhir untuk setiap bagian tubuh.

Gunakan tabel panduan metode MFA untuk menentukan 3 prioritas yang akan dilakukan perbaikan berdasarkan intensitas kerja, durasi dan frekuensi kerja untuk setiap bagian tubuh

- Menentukan prioritas perubahan dari yang paling tinggi supaya menjadi lebih rendah.

Menentukan seberapa tinggi prioritas perubahan yang dilakukan, dan setiap perubahan dari peringkat tinggi ke peringkat yang lebih rendahnya.

- Langkah berikutnya adalah mengidentifikasi kenapa 3 peringkat kondisi yang paling tinggi dan mengembangkan strategi perubahan dengan membuat analisa penyebabnya.

Gunakan proses pemecahan masalah untuk menentukan akar penyebab faktor resiko yang diidentifikasi oleh bagian tubuh.

- Menentukan kembali urutan tugas yang meliputi semua anggota tubuh untuk menentukan dampak dari perubahan yang berhubungan dengan kenyamanan dan keluhan pekerja.

Metode MFA ini sangat ideal untuk sebuah tim mengevaluasi tugas dan pekerjaannya. Strategi untuk mengurangi paparan resiko dapat dikembangkan

dengan mendefinisikan tingkatan kerja melalui identifikasi postural dan faktor resiko.

Metode MFA juga dapat menentukan pekerjaan yang cocok untuk orang dalam jangka pendek pada saat awal kembali bekerja setelah sakit atau cedera, sehingga tugas atau pekerjaan yang bisa membebani otot dapat dipisahkan atau dihindari.

Keuntungan dari metode MFA ini adalah¹²:

- Mudah untuk digunakan.
- Kerjasama operator (pekerja) dibutuhkan untuk mendapatkan peningkatan.
- Mengevaluasi interaksi untuk memperkirakan kelelahan.
- Mengevaluasi semua bagian otot tubuh.
- Mengidentifikasi pola kelelahan kerja dan menunjukkan bagaimana cara memperbaikinya.
- Mengutamakan perbaikan pada tugas-tugas pekerjaan

Kekurangan dari metode MFA ini adalah¹³:

- Metode semi quantitative yang membutuhkan penilaian
- Memerlukan analisa tugas secara terpisah
- Terlalu fokus pada siklus otot bukan siklus kerja
- Kurang efektif jika hanya dilakukan oleh satu analis saja, lebih baik oleh sebuah tim di lini produksi.

2.7.2 *Psychophysiological Methods*

Berbagai metode pengukuran fisiologi yang digunakan dalam bidang kedokteran semakin sering dan umum digunakan dibidang *human factors* dan tujuan ergonomi untuk pembelajaran operator sehubungan dengan beban kerja yang bersifat beban mental¹⁴.

¹² Stanton, Neville A. ,Hedge, Alan ,Salas, Eduardo ,Hendrick, Hal W. And Brookhuis, Karel , *The Handbook of Human Factors and Ergonomics methods*, CRC press. Hal.12-7

¹³ Stanton, Neville A. ,Hedge, Alan ,Salas, Eduardo ,Hendrick, Hal W. And Brookhuis, Karel , *The Handbook of Human Factors and Ergonomics methods*, CRC press. Hal.12-8

¹⁴ Stanton, Neville A. ,Hedge, Alan ,Salas, Eduardo ,Hendrick, Hal W. And Brookhuis, Karel , *The Handbook of Human Factors and Ergonomics methods*, CRC press. Hal.17-1

Kesalahan manusia yang berkaitan dengan beban kerja mental, dalam arti tidak memadainya pengolahan informasi mengenai hal tsb menjadi salah satu penyebab utama dari sebagian besar kecelakaan kerja (Smiley dan Brookhuis, 1987).

2.7.3 *Behavioral and Cognitive Methods*

Dasar dari *Behavioral and Cognitive Methods* (methode perilaku dan kognitif) adalah disiplin ilmu psikologi. Metode ini merupakan pedoman umum untuk memberikan informasi persepsi, proses kognitif, dan potensial respon individu¹⁵.

Model Norman (1986) menyajikan gambaran kegiatan manusia dalam 2 tahapan yang berbeda :

- Eksekusi : dimana kegiatan manusia membawa perubahan di dunia.
- Evaluasi : dimana perubahan di dunia dievaluasi.

Kedua fase tersebut di atas dihubungkan oleh tujuan, yang menentukan arah dari kegiatan masing-masing.

2.7.4 *Team Methods*

Manfaat dari organisasi tim memang tidak terbantahkan, dengan bekerja tim banyak tenaga dan pemikiran yang tersedia untuk menyelesaikan masalah yang kompleks. Namun juga kerja tim belum tentu berhasil menyelesaikan permasalahan yang dihadapi, hal tersebut karena kesalahan dalam tim implementasi dan pelatihan¹⁶.

Proses pengelolaan kinerja tim membutuhkan pemahaman yang mendalam mengenai kompetensi tim, kebutuhan komunikasi dan tugas, lingkungan tim, misi dan tujuan tim. Tim pelatihan, analisis tugas, dan pengukuran kinerja membutuhkan metode bagi organisasi untuk mengoptimalkan fungsi tim.

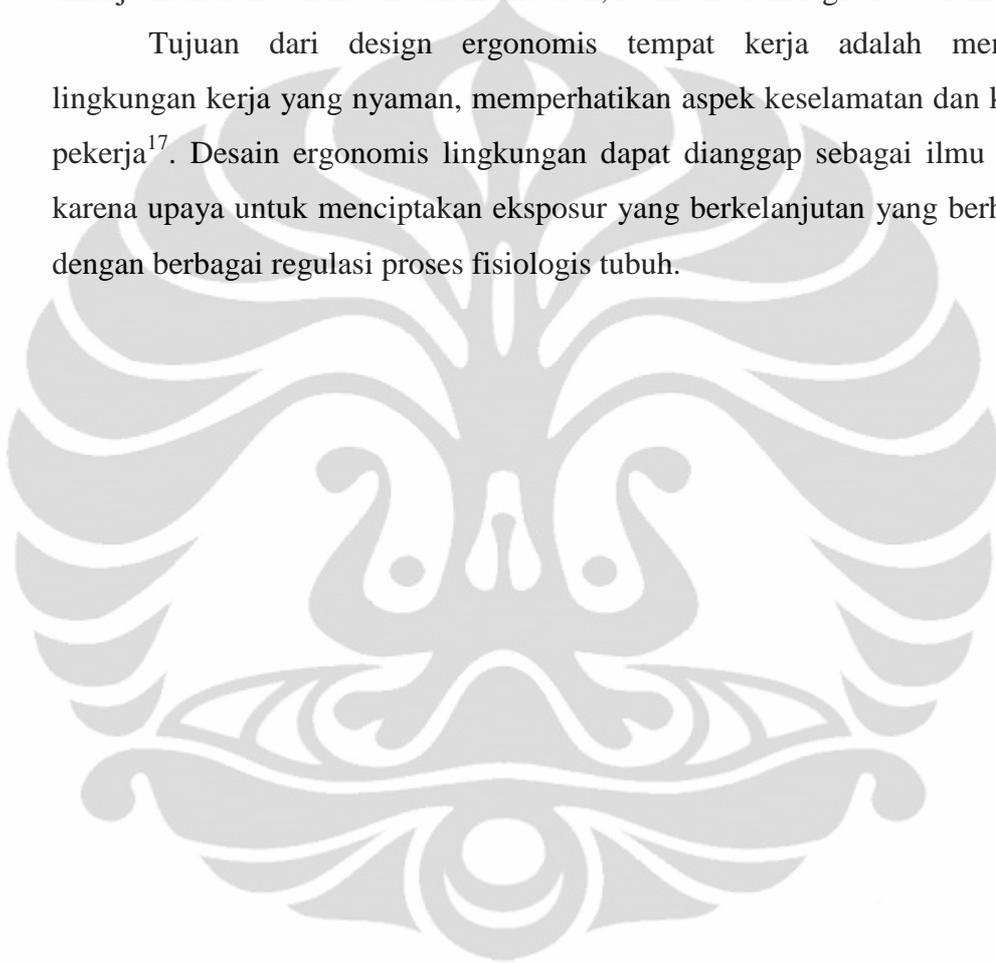
¹⁵ Stanton, Neville A. ,Hedge, Alan ,Salas, Eduardo ,Hendrick, Hal W. And Brookhuis, Karel , *The Handbook of Human Factors and Ergonomics methods*, CRC press. Hal.27-1

¹⁶ Stanton, Neville A. ,Hedge, Alan ,Salas, Eduardo ,Hendrick, Hal W. And Brookhuis, Karel , *The Handbook of Human Factors and Ergonomics methods*, CRC press. Hal.43-1

2.7.5 *Environmental Methods*

Pada pertengahan abad ke 20, studi tentang dampak dari modifikasi lingkungan fisik kondisi tempat kerja menjadi dasar terbentuknya disiplin ilmu ergonomis. Tubuh manusia adaptif secara fisiologis terhadap kondisi lingkungan kerja tetapi ketika kondisi melebihi kemampuan adaptif tubuh maka berakibat kinerja menurun dan kesehatan memburuk, lebih ekstrem lagi bisa berakibat fatal.

Tujuan dari design ergonomis tempat kerja adalah menciptakan lingkungan kerja yang nyaman, memperhatikan aspek keselamatan dan kesehatan pekerja¹⁷. Desain ergonomis lingkungan dapat dianggap sebagai ilmu moderasi karena upaya untuk menciptakan eksposur yang berkelanjutan yang berhubungan dengan berbagai regulasi proses fisiologis tubuh.



¹⁷ Stanton, Neville A. ,Hedge, Alan ,Salas, Eduardo ,Hendrick, Hal W. And Brookhuis, Karel , *The Handbook of Human Factors and Ergonomics methods*, CRC press. Hal.59-1

BAB III PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

3.1 *Layout Proses Produksi*

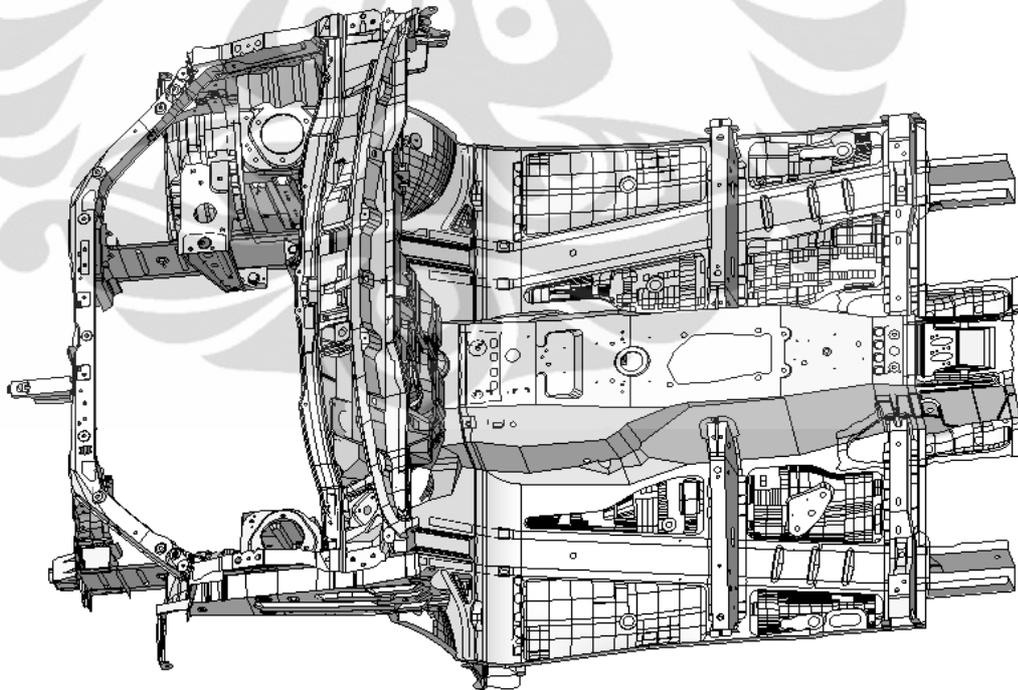
PT. Astra Daihatsu Motor mempunyai 3 jalur produksi *welding*, yaitu jalur D40D yang memproduksi mobil GranMax, Jalur D16D yang memproduksi Xenia-Avanza, dan yang terakhir jalur D99B yang memproduksi Terios-Rush. Dalam penelitian ini akan membahas khusus mengenai jalur *welding* D16D.

Gambaran secara garis besar alur proses produksi *welding body* mobil jalur D16D atau jalur Xenia-Avanza dapat dilihat pada gambar 3.2.

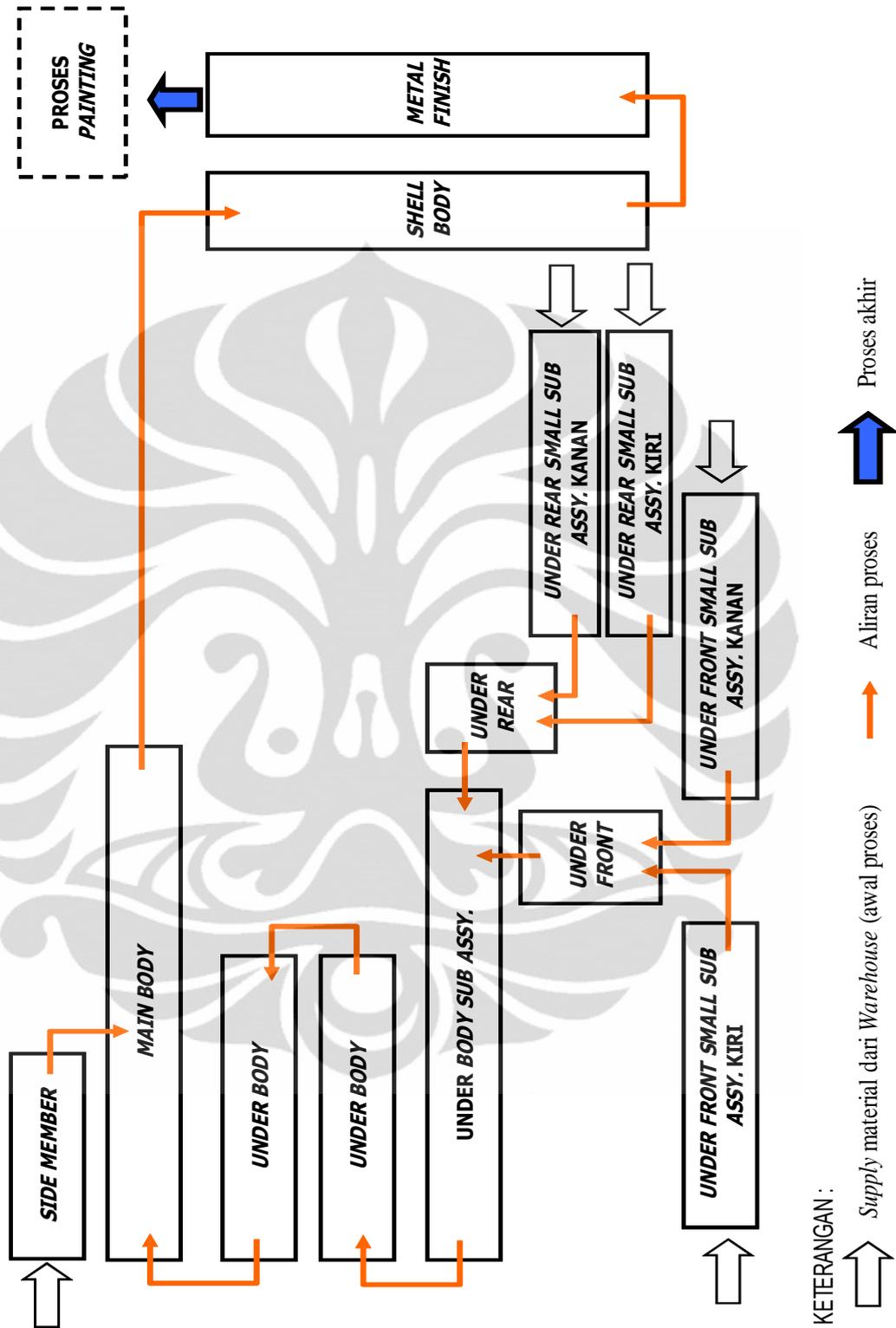
Bagian-bagian dari proses *Welding* Jalur Xenia-Avanza sebagai berikut:

a. *Proses Under Front (U/F)*

Adalah proses pengelasan untuk merakit *body* mobil bagian bawah depan, sebelum masuk proses ini terlebih dahulu melalui proses *Under Front Small Sub Assy.* bagian kanan dan *Under Front Small Sub Assy.* bagian kiri.



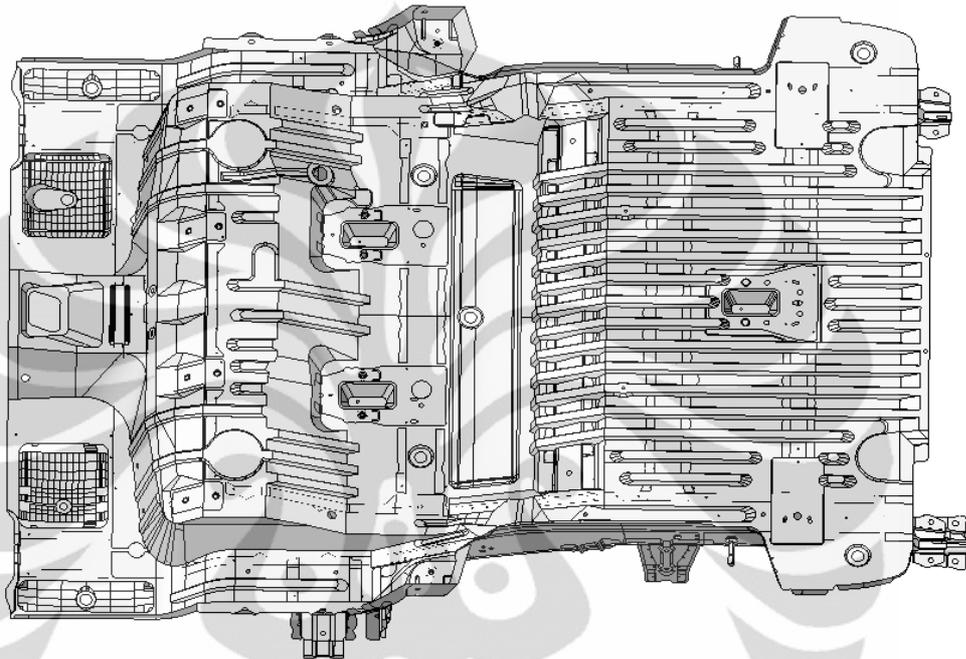
Gambar 3.1 *Bagian Under Front*



Gambar 3.2 Alur Proses *Body Welding* Jalur Produksi Xenia-Avanza

b. Proses *Under Rear (U/R)*

Adalah proses pengelasan untuk merakit *body* mobil bagian belakang bawah, pada proses ini terdiri dari *Under Rear* bagian kanan dan *Under Rear* bagian kiri.

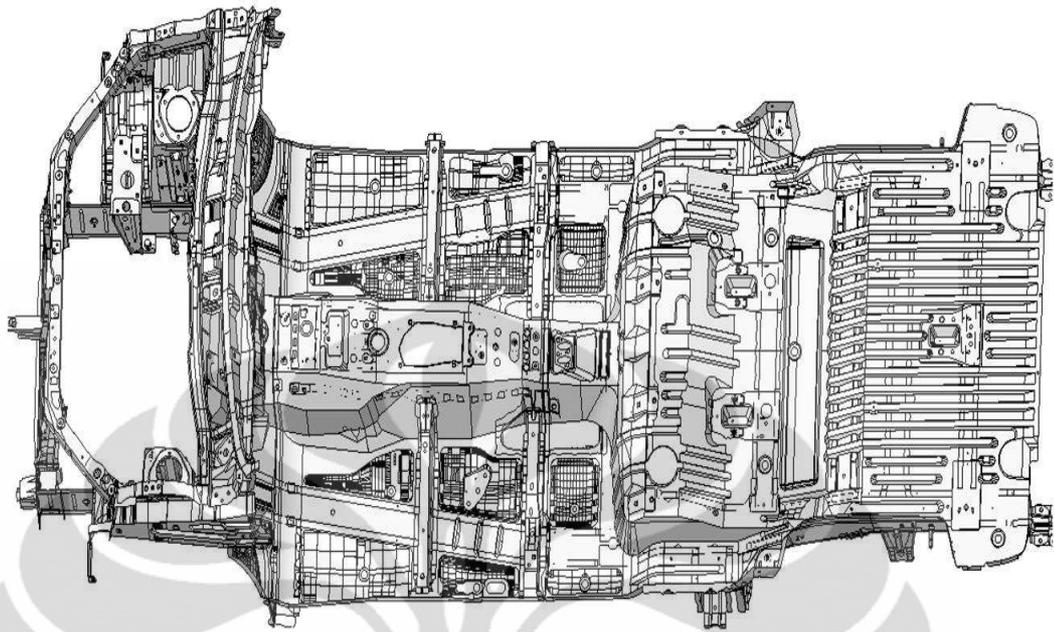


Gambar 3.3 Bagian *Under Rear*

c. Proses *Under Body Sub Assy.* dan *Under Body (U/B S/A & U/B)*

Proses *Under Body Sub Assy.* adalah proses penggabungan antara bagian *Under Front* dan *Under Rear*, serta pemasangan *part-part* kecil lainnya sehingga menjadi bagian bawah dari mobil (*Under Body*) secara utuh.

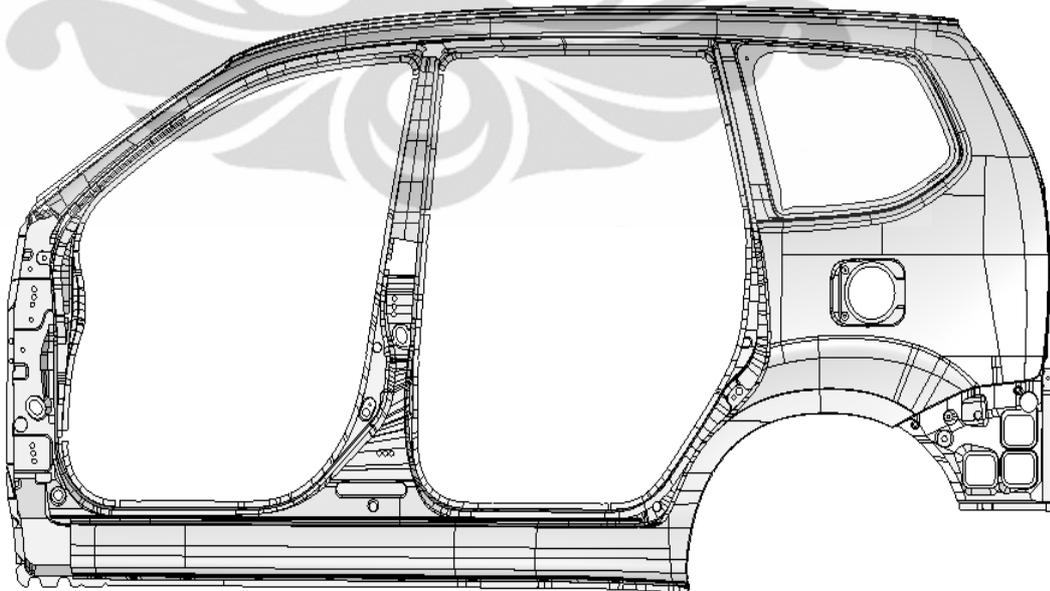
Sedangkan untuk proses *Under body* adalah proses pelengkapan jumlah titik las dan pengelasan ulang (*respot welding*) untuk memperkuat rakitan-rakitan tersebut.



Gambar 3.4 Bagian *Under Body*

d. Proses *Side Member (S/M)*

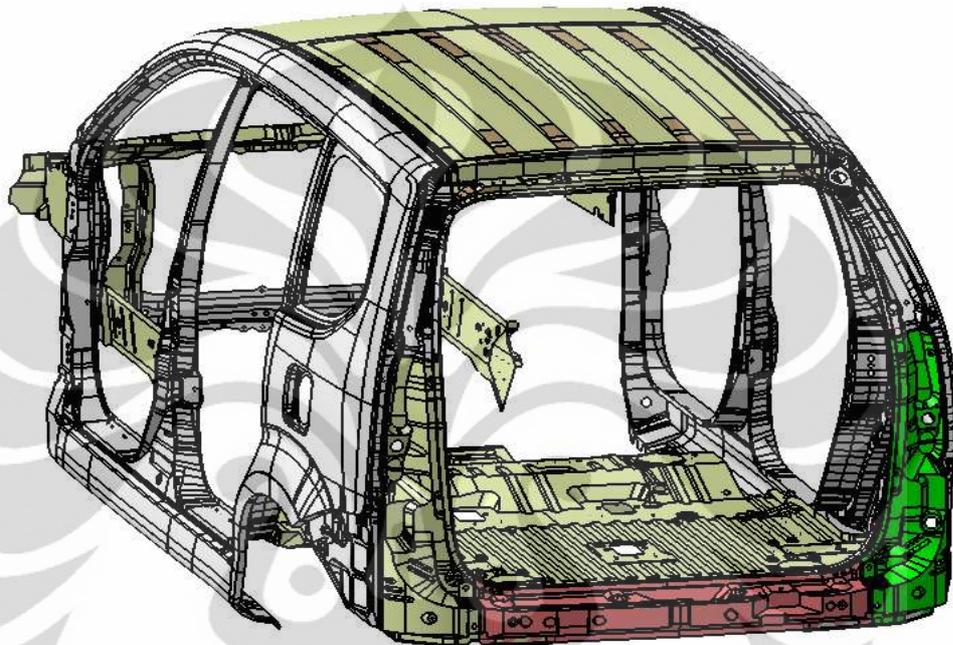
Adalah proses pengelasan untuk merakit mobil bagian samping (*Side Member*) sebelum digabungkan ke dalam *Under body*, dalam proses ini terdapat proses *Side Member* bagian kanan dan *Side Member* bagian kiri.



Gambar 3.5 Bagian *Side Member*

e. Proses Main body (M/B)

Adalah proses pengelasan untuk menggabungkan mobil bagian bawah (*Under Rear*) dengan bagian samping (*Side Member*) serta bagian atap (*Roof*). Dalam proses *Main Body* juga terdapat proses pengelasan ulang (*respot welding*) untuk memperkuat sambungan.

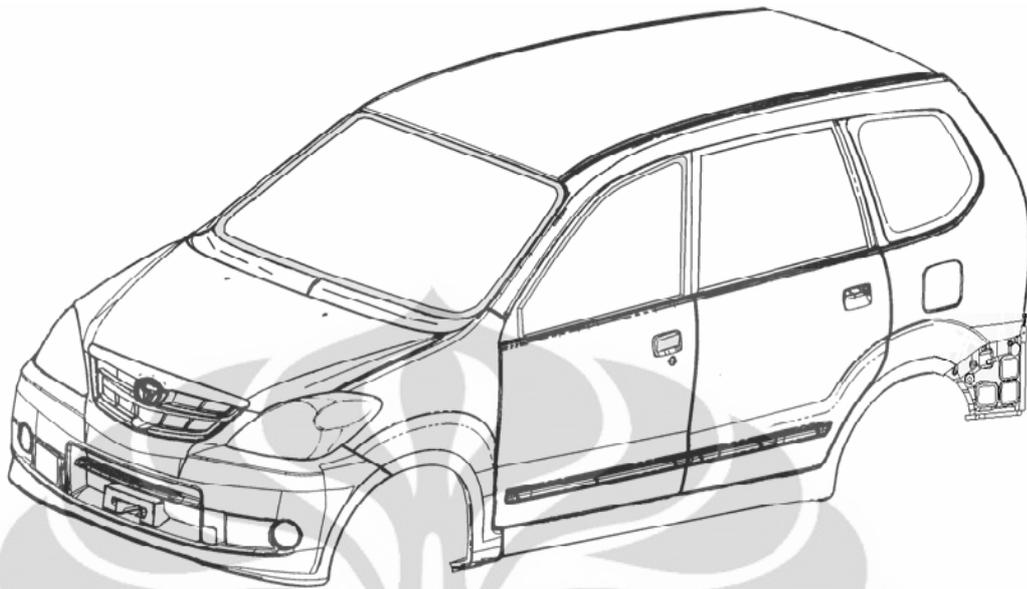


Gambar 3.6 Bagian *Main Body*

f. Proses Shell Body dan Metal Finish (S/B & M/F)

Pada proses *Shell Body* pemasangan pintu bagian depan (*Front Door*), pintu bagian tengah (*Rear Door*), pintu bagian belakang (*Back Door*) serta kap mesin (*Engine Hood*).

Proses *Metal Finish* adalah proses terakhir dari jalur produksi *welding* dimana pada area ini terdapat pengecekan akurasi dari pemasangan masing-masing part yang dipasang pada proses *Shell Body*, di proses ini juga terdapat proses pengecekan tampilan (*appearance*) dari *body* hasil *welding* tersebut yang kemudian apabila hasil tersebut memenuhi standar maka akan dilanjutkan ke proses berikutnya.



Gambar 3.7 Bagian *Shell Body*

3.2 Data Masalah Produksi

Sebelum kita memasuki masalah produksi ada beberapa hal yang harus kita ketahui, yaitu:

- *Tact time* adalah waktu yang ditentukan setiap pos proses produksi untuk membuat 1 unit mobil berdasarkan target produksi.
- *Cycle time* adalah waktu minimum yang dibutuhkan man power untuk mengerjakan 1 urutan kerja.

PT. Astra Daihatsu Motor menentukan rata-rata target produksinya 20.000 unit perbulannya, sehingga setiap posnya dibuat untuk mampu menghasilkan 1 unit mobil dalam setiap menitnya.

Berikut ini adalah perhitungan *tact time* yang harus dicapai untuk memenuhi target produksi:

Target produksi rata-rata	: 21.299 Unit per bulan
Target <i>over time</i> harian	: 3 jam per hari (1.5 jam per <i>shift</i>)
Target <i>over time</i> di hari libur	: 4 hari (hanya di <i>day shift</i>)
Jumlah hari produksi normal	: 20 hari
Jumlah waktu produksi di <i>day shift</i>	: 455 menit

Jumlah waktu produksi di *night shift* : 395 menit

Target efisiensi Produksi : 95%

Target *tact time*:

Day shift : 20hari x (455menit+90menit x X) + 4 x (455X)

: 10.900X + 1820X

: 12720X

Night Shift : 20hari x (395menit+90menit x X)

: 9700X

Total : 12720X + 9700X

: 22420X

: 22420X x 95%

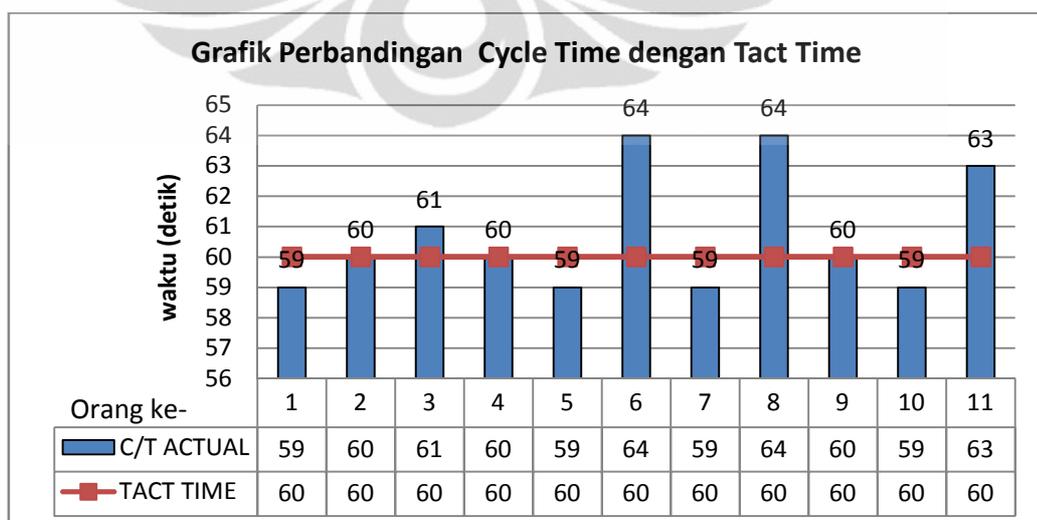
: 21299X

X : 1 menit

Target *tact time* adalah 1 menit,

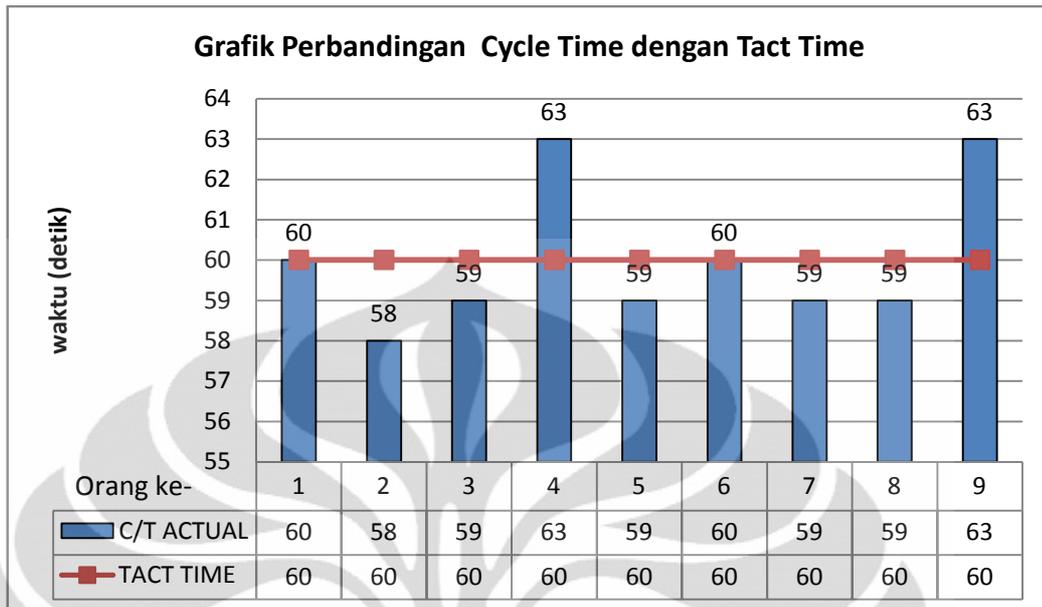
Oleh karena itu target proses produksi adalah *cycle time* harus mencapai *tact time* 1 menit dengan efisiensi 95% untuk setiap prosesnya, tetapi yang terjadi pada awal tahun 2011 target tersebut tidak dapat dipenuhi karena adanya berbagai masalah yang terjadi di jalur produksi Xenia-Avanza, sehingga *cycle time* dari masing-masing proses melebihi *tact time* yang telah ditentukan seperti yang terlihat dalam grafik 3.1 sampai dengan grafik 3.6 berikut ini:

1. Proses *Under Front*



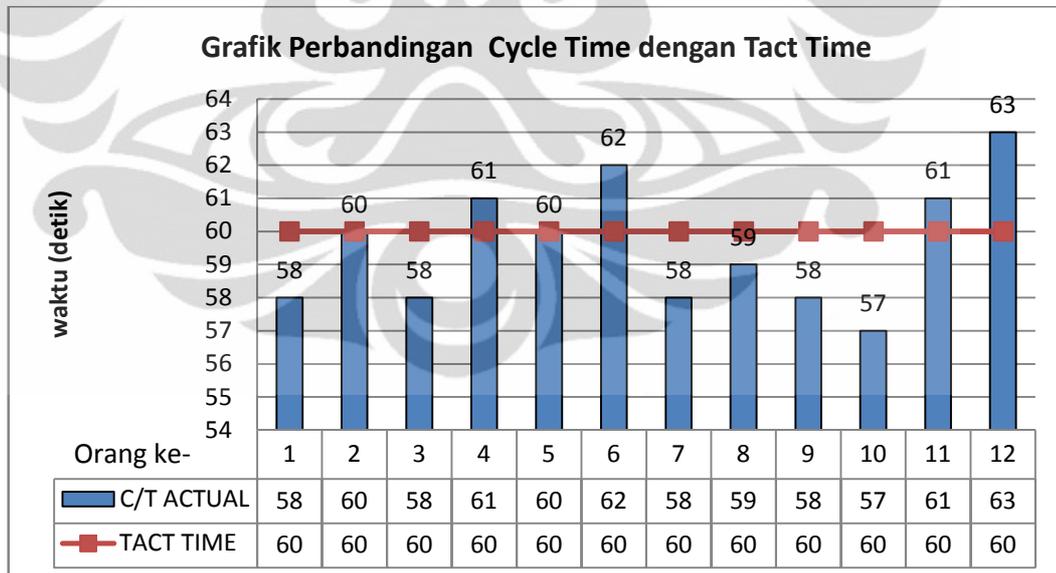
Grafik 3.1 Grafik Waktu Kerja Masing-masing Operator pada Proses *Under Front* Sebelum Perbaikan.

2. Proses *Under Rear*

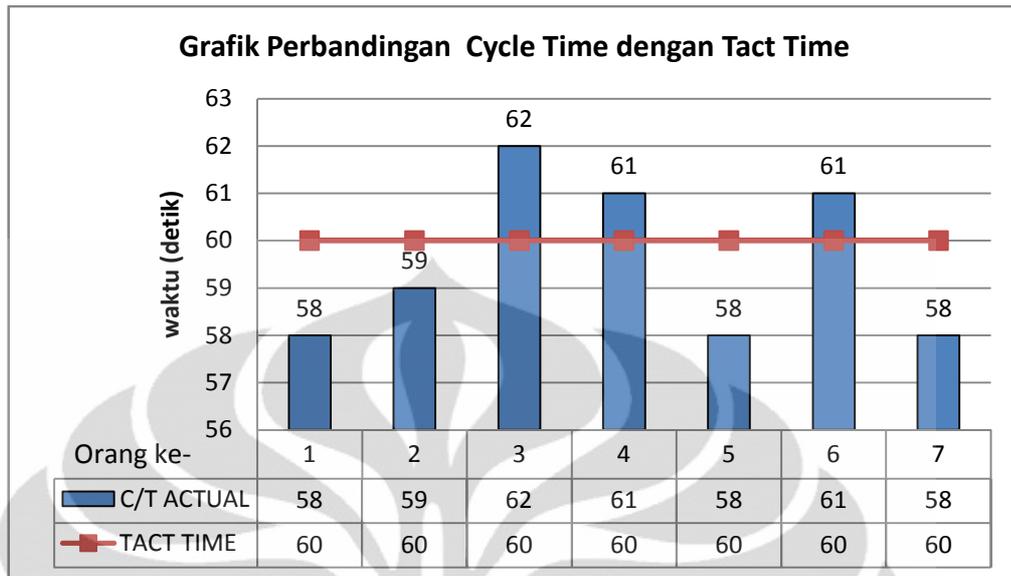


Grafik 3.2 Grafik Waktu Kerja Masing-masing Operator pada Proses *Under Rear* Sebelum Perbaikan.

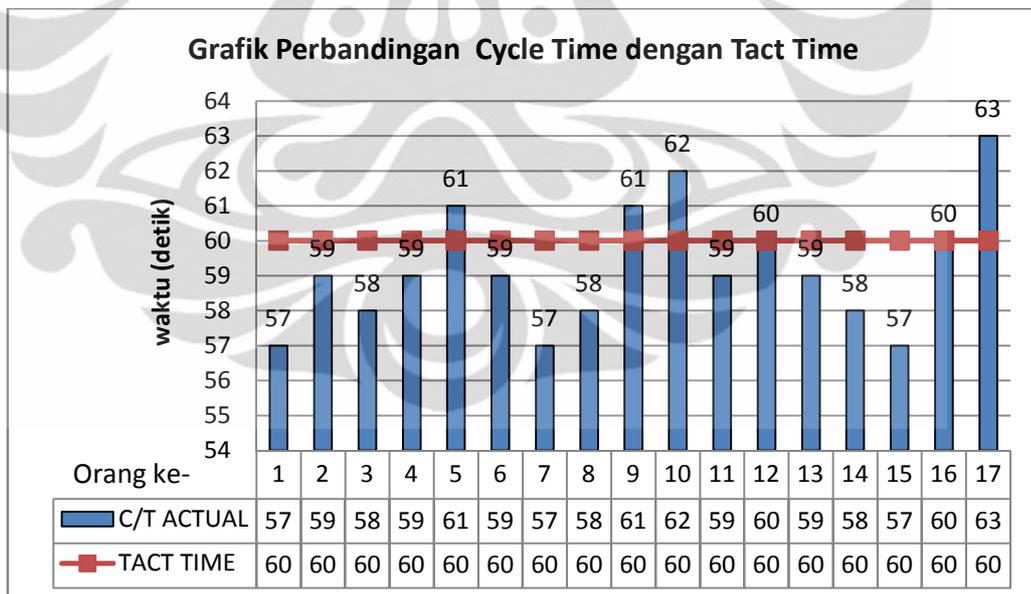
3. Proses *Under Body Sub Assy.* dan *Under Body*



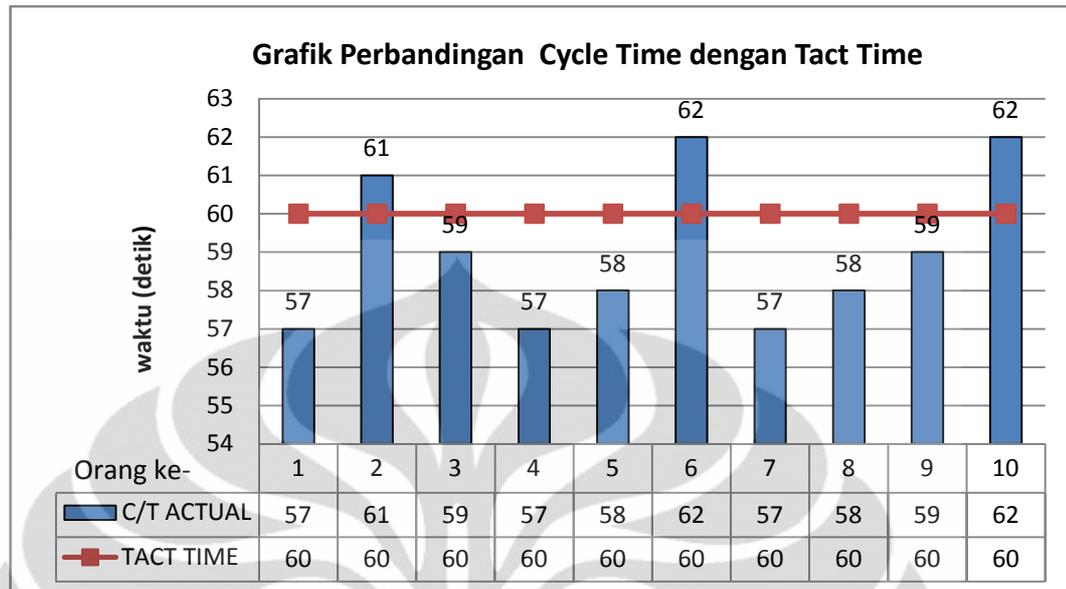
Grafik 3.3 Grafik Waktu Kerja Masing-masing Operator pada Proses *Under Body Sub Assy.* Sebelum Perbaikan.

4. Proses *Side Member*

Grafik 3.4 Grafik Waktu Kerja Masing-masing Operator pada Proses *Side Member* Sebelum Perbaikan.

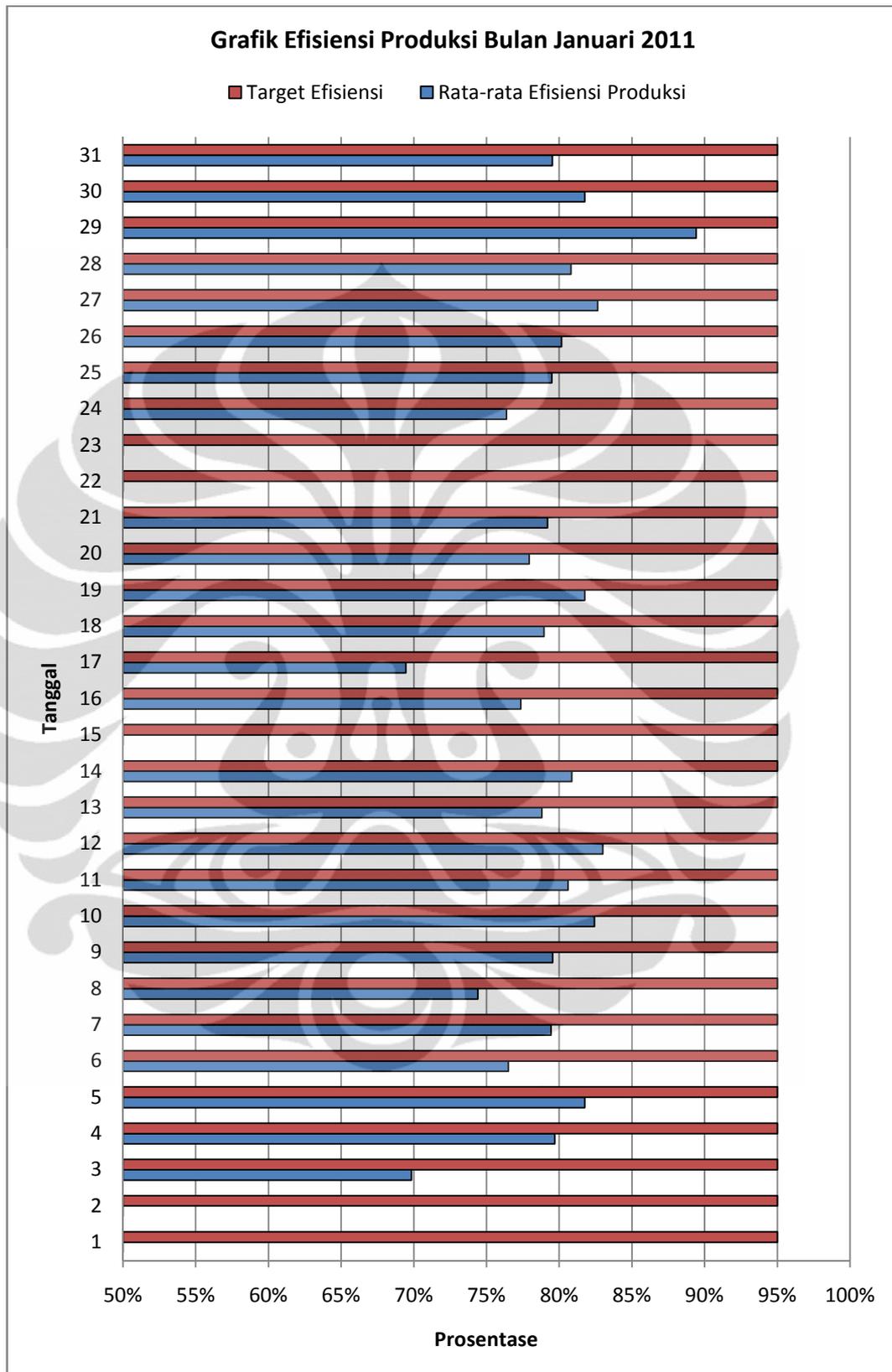
5. Proses *Main Body*

Grafik 3.5 Grafik Waktu Kerja Masing-masing Operator pada Proses *Main Body* Sebelum Perbaikan.

6. Proses *Shell Body* dan *Metal Finish*

Grafik 3.6 Grafik Waktu Kerja Masing-masing Operator pada Proses *Shell Body* dan *Metal Finish* Sebelum Perbaikan.

Dari semua grafik di atas terlihat setiap proses di *welding cycle time*-nya melebihi *tact time* hal ini berakibat efisiensi produksi tidak dapat mencapai target yang telah ditentukan perusahaan yaitu dibawah 95% seperti yang terlihat pada tabel 3.7.



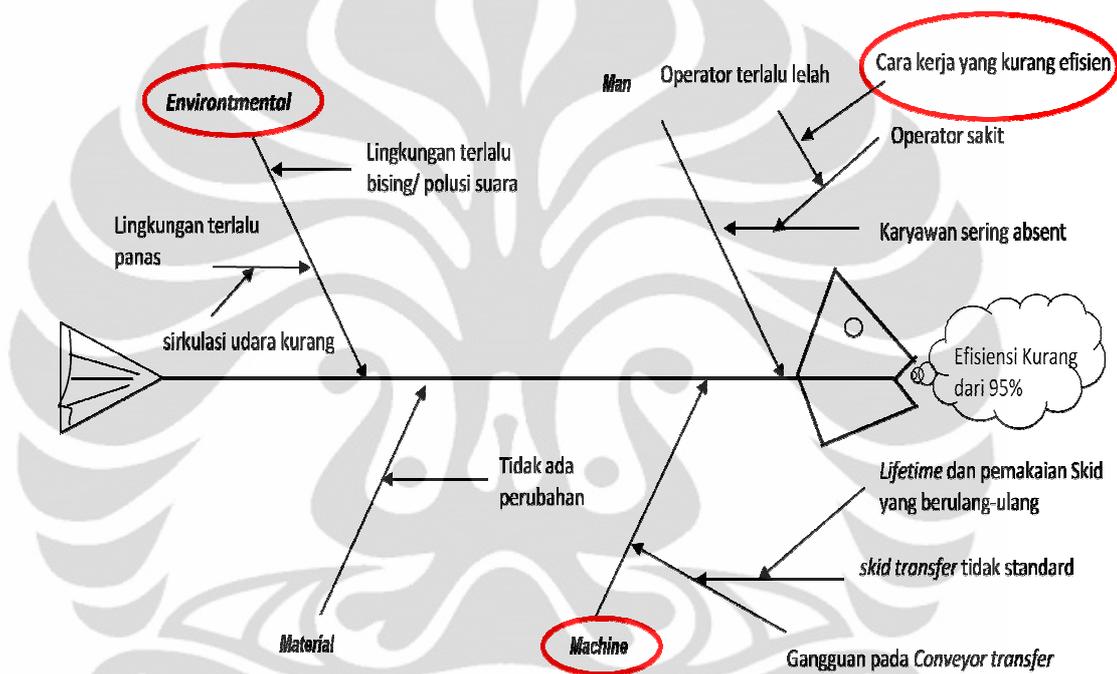
(Sumber : Departemen *Body Welding* Jalur D16D PT. ADM 2011)

Grafik 3.7 Grafik Efisiensi Produksi Bulan Januari 2011

Dari grafik 3.7 terlihat bahwa hasil produksi pada bulan Januari 2011 jauh dari target yang ditetapkan, yaitu dibawah 95%.

3.3 Analisa Masalah

Untuk mengetahui penyebab-penyebab masalah tidak tercapainya target efisiensi produksi maka kita akan gunakan diagram tulang ikan berikut ini.



Gambar 3.8 Diagram Tulang Ikan Masalah Efisiensi produksi.

Dari diagram tulang ikan di atas dapat diketahui bahwa penyebab utama efisiensi produksi kurang dari 95% adalah karena 3 hal berikut ini, yaitu:

Faktor Mesin:

- Gangguan pada sistem transfer yaitu pada *Conveyor Transfer*.
- Gangguan *Conveyor transfer* karena *skid transfer* (alat menempatkan *body* mobil pada konveyor) yang sudah tidak standar.
- *Skid Transfer* sudah tidak standar karena pemakaian yang berulang-ulang pada proses produksi.

Faktor Lingkungan:

- Lingkungan kerja yang terlalu panas mengakibatkan operator kurang nyaman bekerja.
- Sirkulasi udara yang kurang di lingkungan kerja menyebabkan lingkungan panas.
- Lingkungan yang terlalu bising karena alat-alat yang digunakan.

Faktor Manusia:

- Operator yang sering tidak masuk karena sakit.
- Operator yang terlalu lelah karena kerja kurang efisien.
- Operator lelah karena *cycle time* terlalu ketat.

Untuk penyebab-penyebab pada faktor manusia yaitu faktor kelelahan kita akan menggunakan metode *Muscle Fatigue Assessment: Function Job Analysis Technique Suzanne H. Rodgers* sedangkan untuk faktor lingkungannya akan dianalisa dengan metode *Environmental Alan Hedge*, serta terpisah untuk faktor mesin dan peralatan.

3.3.1 Faktor Lingkungan

Kondisi lingkungan kerja yang optimal adalah kondisi lingkungan yang sesuai dengan aspek ergonomis dan membuat nyaman para pekerjanya, oleh karena itu lingkungan kerja diupayakan supaya dapat memenuhi lingkungan kerja yang optimal. Beberapa aspek yang diperhatikan dalam faktor lingkungan adalah sebagai berikut:

1. Kondisi suhu lingkungan kerja
2. Tingkat polusi udara di lingkungan kerja
3. Tingkat pencahayaan di lingkungan kerja
4. Kondisi akustik dari lingkungan kerja
5. Tingkat getaran yang terjadi di lingkungan kerja

Tabel 3.1 berikut ini menggambarkan kondisi lingkungan kerja yang optimal ditinjau dari ke-5 aspek-aspek di atas:

Tabel 3.1 Tabel Kondisi Lingkungan Kerja yang Ideal

Terlalu dingin	Kondisi panas yang optimal	Terlalu panas
	Kondisi udara dalam ruangan yang optimal	Terlalu polusi
Terlalu redup	Kondisi pencahayaan yang optimal	Terlalu terang
Terlalu sepi	Kondisi akustik yang optimal	Terlalu ramai
	Kondisi getaran yang optimal	Terlalu banyak getaran
	Kondisi lingkungan yang optimal	

(Sumber : Stanton, et al, 2005)

Berikut adalah data-data faktor lingkungan yang diperoleh dari pengukuran di area kerja PT. Astra Daihatsu Motor, khususnya area *Welding* jalur Xenia-Avanza.

- **Suhu Lingkungan Kerja**

Seperti pada umumnya suhu lingkungan kerja diukur dengan menggunakan termometer, namun disamping itu diukur juga *Wet Bulb Globe Temperature* (WBGT).

WBGT adalah suhu komposit yang dipergunakan untuk memperkirakan pengaruh suhu, kelembaban dan radiasi matahari (apabila diluar ruangan) terhadap tubuh manusia. WBGT biasa digunakan di industri, atlet dan militer untuk menentukan tingkat pencahayaan yang tepat pada suhu tinggi. WBGT biasa diukur dengan satuan Celcius ($^{\circ}\text{C}$) atau Fahrenheit ($^{\circ}\text{F}$).

Berikut adalah faktor-faktor yang terdapat dalam WBGT:

$$\text{WBGT} = 0.7T_w + 0.2T_g + 0.1T_d \quad (\text{Di luar ruangan})$$

$$\text{WBGT} = 0.7T_w + 0.3T_g \quad (\text{Di dalam ruangan})$$

T_w = *Natural wet-bulb temperature* (Indikator Kelembaban)

T_g = *Globe thermometer temperature* (Suhu udara normal)

T_d = *Dry-bulb temperature* (Untuk mengukur radiasi sinar matahari)

Tabel 3.2 berikut ini adalah nilai ambang batas dari WBGT yang diijinkan sesuai dengan Keputusan menteri tenaga kerja (KEP. 51/MEN/1999).

Tabel 3.2 Tabel Ambang Batas WBGT Sesuai KEP. 51/MEN/1999

Pengaturan waktu kerja setiap jam		WBGT (°C)		
		Beban Kerja		
Waktu Kerja	Waktu Istirahat	Ringan	Sedang	Berat
Bekerja terus menurus (8 jam/hari)	-	30,0	26,7	25,0
75% kerja	25% istirahat	30,6	28,0	25,9
50% kerja	50% istirahat	31,4	29,4	27,9
25% kerja	75% istirahat	32,2	31,1	30,0

Tabel 3.3 berikut ini hasil pengukuran suhu dan WBGT di lingkungan kerja *welding* jalur Xenia-Avanza:

Tabel 3.3 Data Pengukuran Suhu dan WBGT

Tanggal pengukuran : 12 Desember 2010 , pkl : 14:00 ~ 16:00 WIB.

No	Area	Titik Pengukuran	Hasil Pengukuran	
			Temperatur (°C)	WBGT (°C)
1	Under Front (U/F)	01	32,2	28,9
		02	31,9	28,7
2	Under Rear (U/R)	01	33,8	29,7
		02	33,8	29,8
3	Side Member (S/M)	01	33,9	29,9
		02	34	29,8
4	Under Body Sub Assy (U/B S/A)	01	33,7	29,8
		02	33,8	29,7
5	Under Body (U/B)	01	33,6	29,6
		02	33,9	29,5
6	Main Body (M/B)	01	33,4	29,4
		02	33,4	29,4
7	Shell Body & Metal Finish (S/B & M/F)	01	33,4	29,4
		02	33,4	29,4
8	Out Welding (OUT)	01	31,2	28

(Sumber : Departemen EHS PT. ADM 2010)

- **Tingkat Polusi Udara di Lingkungan Kerja**

Tabel 3.4 berikut ini hasil pengukuran partikel udara di lingkungan kerja

Universitas Indonesia

welding jalur Xenia-Avanza:

Tabel 3.4 Data Pengukuran Partikel Udara

Tanggal pengukuran : Desember 2010

Area	Parameter	Satuan	Hasil Pengujian
Welding D16D	Benzene	mg/m ³	0,04
	Toluene	mg/m ³	0,84
	Xylene	mg/m ³	3,14
	Pb	mg/m ³	<0,05
	Debu Total	mg/m ³	0,95

(Sumber : Departemen EHS PT. ADM 2010)

- **Tingkat Pencahayaan di Lingkungan Kerja**

Tabel 3.5 berikut ini adalah data hasil pengukuran tingkat pencahayaan yang dilakukan oleh Departemen EHS PT. Astra Daihatsu Motor *Assembly Plant* di area *welding* jalur produksi Xenia-Avanza pada bulan Desember 2011.

Tabel 3.5 Data Pengukuran Pencahayaan

Tanggal pengukuran : 13 Desember 2010

No	Area	Titik Pengukuran	Hasil Pengukuran (Lux)
1	Under Front (U/F)	01	41
		02	15
2	Under Rear (U/R)	01	141
		02	187
3	Side Member (S/M)	01	178
		02	157
4	Under Body Sub Assy (U/B S/A)	01	212
		02	244
5	Under Body (U/B)	01	148
		02	169
6	Main Body (M/B)	01	198
		02	203
7	Shell Body & Metal Finish (S/B & M/F)	01	210
		02	215
8	Out Welding (OUT)	01	126

(Sumber : Departemen EHS PT. ADM 2010)

- **Kondisi akustik dari Lingkungan Kerja**

Tabel 3.6 berikut ini adalah data hasil pengukuran kebisingan di area produksi welding jalur D16D atau jalur produksi Xenia-Avanza, data tingkat kebisingan ini diambil bulan Desember 2010.

Tabel 3.6 Data Pengukuran Kebisingan

Tanggal pengukuran : 13 Desember 2010

No	Area	Titik Pengukuran	Tingkat Bising (dB)
1	Under Front (U/F)	01	83,4
		02	84,4
2	Under Rear (U/R)	01	81,2
		02	83,1
3	Side Member (S/M)	01	86,1
		02	84,8
4	Under Body Sub Assy (U/B S/A)	01	85,2
		02	84,8
5	Under Body (U/B)	01	86,7
		02	85,4
6	Main Body (M/B)	01	84,8
		02	85,6
7	Shell Body & Metal Finish (S/B & M/F)	01	86,7
		02	85,4
8	Out Welding (OUT)	01	76,1

(Sumber : Departemen EHS PT. ADM 2010)

3.3.2 Faktor Mesin

. Sistem mesin yang digunakan pada jalur produksi welding adalah menggunakan sistem conveyor sehingga apabila terjadi kerusakan disalah satu area kerja akan langsung berpengaruh terhadap keseluruhan efisiensi. Untuk menganalisa faktor mesin digunakan analisa terhadap akumulasi *line stop* setiap minggunya yang terjadi pada jalur produksi tersebut.

Akumulasi linestop yang terjadi sebelum adanya perbaikan dapat dilihat pada tabel 3.7 berikut ini:

Tabel 3.7 Data Akumulasi *line stop* sebelum perbaikan

NO	Waktu Akumulasi	Line Stop (menit)
1	Minggu 1	682
2	Minggu 2	678
3	Minggu 3	668
4	Minggu 4	564
5	Minggu 5	575
6	Minggu 6	598
7	Minggu 7	602
8	Minggu 8	576

3.3.3 Faktor Manusia

Untuk menganalisa faktor manusia dengan menggunakan metode *Muscle Fatigue Assessment*, terlebih dahulu kita harus memahami segmentasi pekerjaan yang dilakukan oleh pekerja yang akan kita analisa. Seperti yang sudah dijelaskan di atas bahwa segmentasi dari pekerjaan *welding* adalah sebagai berikut:

1. *Proses Under Front*
2. *Proses Under Rear*
3. *Proses Under Body Sub Assy. dan Proses Under Body*
4. *Proses Side Member*
5. *Proses Main Body*
6. *Proses Shell Body dan Metal Finish*

- *Method Muscle Fatigue Assessment*

Metode MFA menggunakan acuan tabel MFA untuk menentukan penilaian terhadap pergerakan anggota tubuh dari ujung kaki sampai kepala terhadap pekerjaan yang dilakukan dengan dikategorikan berdasarkan tingkat usaha yang dilakukan (*effort level*), durasi dari usaha yang dilakukan (*Continuous effort duration*) serta frekuensi usaha yang dilakukan (*effort frequency*) seperti yang terlihat pada tabel 3.10 sampai tabel 3.15.

Tabel 3.8 dan tabel 3.9 di bawah ini merupakan kaidah untuk menentukan prioritas sesuai dengan masing-masing *effort level*

Tabel 3.8 Tabel Prioritas Berdasarkan Effort Level

Effort Level = 1			Effort Level = 2			Effort Level = 3		
Duration	Frequency	Priority	Duration	Frequency	Priority	Duration	Frequency	Priority
1	1	L	1	1	L	1	1	L
1	2	L	1	2	L	1	2	M
1	3	L	1	3	M	1	3	H
2	1	L	2	1	L	2	1	H
2	2	L	2	2	M	2	2	H
2	3	M	2	3	H	2	3	VH
3	1	L	3	1	M	3	1	VH
3	2	M	3	2	M	3	2	VH
3	3	— ^a	3	3	— ^a	3	3	— ^a

Tabel 3.9 Kategori Pekerjaan Berdasarkan Effort Level

Low (L)	Moderate (M)	High (H)	Very High (VH)
111	123	223	323
112	132	313	331
113	213	321	332
211	222	322	
121	231		4xx
212	232		x4x
311	312		xx4
122			
131			
221			

(Sumber : Stanton, et al 2005)

Tabel 3.10 Data MFA Proses *Under Front*

Job	Proses Under Front			Analyst	Hendra Pramono HS		
Task	Sub Assy Front Floor			Date	14 January 2011		
Region	Effort level <75% of workers can exert effort - 4			Scores			Priority
	Light - 1	Moderate - 2	Heavy - 3	Effort	Duration	Freq	
Neck	Head turned partly to side, back or slightly forward	Head turned to side; head fully back; head forward about 20°	Same as moderate but with force or weight; head stretched forward	3	2	2	High
Shoulders	Arms slightly away from sides; arms extended with some support	Arms away from body, no support; working overhead	Exerting forces or holding weight with arms away from body or overhead	R	R	R	R
				2	1	2	Low
				L	L	L	L
				2	1	2	Low
Back	Leaning to side or bending arching back	Bending forward; no load; lifting moderately heavy loads near body; working overhead	Lifting or exerting force while twisting; high force or load while bending	3	2	2	High
Arms/Elbow	Arms away from body, no load; light forces lifting near body	Rotating arms while exerting moderate force	High forces exerted with rotation; lifting with arms extended	R	R	R	R
				1	2	2	Low
				L	L	L	L
				2	1	2	Low
Wrists / Hands / Fingers	Light forces or weights handled close to body; straight wrists; comfortable power grips	Grips with wide or narrow span; moderate wrist angles, especially flexion; use of gloves with moderate forces	Pinch grips; strong wrist angles; slippery surfaces	R	R	R	R
				2	1	2	Low
				L	L	L	L
				2	1	2	Low
Legs/Knees	Standing, walking without bending or leaning; weight on both feet	Bending forward, leaning on table; weight on one side pivoting while exerting force	Exerting high force while pulling or lifting; crouching while exerting force	R	R	R	R
				2	1	2	Low
				L	L	L	L
				2	1	2	Low
Ankles / Feet / Toes	Standing, walking without bending or leaning; weight on both feet	Bending forward, leaning on table; weight on one side; pivoting while exerting force	Exerting high force while pulling or lifting; crouching while exerting force; standing on tiptoes	R	R	R	R
				2	1	2	Low
				L	L	L	L
				2	1	2	Low
Continuous Effort		<6 s	6 – 20 s	20 – 30 s		>30 s	
Duration		1	2	3		4 (Enter VH for Priority)	
Effort Frequency		< 1 / min	1 – 5 / min	> 5 – 15 / min		> 15 / min	
		1	2	3		4 (Enter VH for Priority)	

Tabel 3.11 Data MFA Proses *Under Rear*

Job	Proses Under Rear			Analyst	Hendra Pramono HS		
Task	Sub Assy Under Rear			Date	14 January 2011		
Region	Effort level <75% of workers can exert effort - 4			Scores			Priority
	Light - 1	Moderate - 2	Heavy - 3	Effort	Duration	Freq	
Neck	Head turned partly to side, back or slightly forward	Head turned to side; head fully back; head forward about 20°	Same as moderate but with force or weight; head stretched forward	2	1	2	Low
Shoulders	Arms slightly away from sides; arms extended with some support	Arms away from body, no support; working overhead	Exerting forces or holding weight with arms away from body or overhead	R	R	R	R
				2	1	2	Low
Back	Leaning to side or bending arching back	Bending forward; no load; lifting moderately heavy loads near body; working overhead	Lifting or exerting force while twisting; high force or load while bending	L	L	L	L
				1	1	2	Low
Arms/Elbow	Arms away from body, no load; light forces lifting near body	Rotating arms while exerting moderate force	High forces exerted with rotation; lifting with arms extended	R	R	R	R
				3	3	2	High
Wrists / Hands / Fingers	Light forces or weights handled close to body; straight wrists; comfortable power grips	Grips with wide or narrow span; moderate wrist angles, especially flexion; use of gloves with moderate forces	Pinch grips; strong wrist angles; slippery surfaces	L	L	L	L
				3	3	2	High
Legs/Knees	Standing, walking without bending or leaning; weight on both feet	Bending forward, leaning on table; weight on one side pivoting while exerting force	Exerting high force while pulling or lifting; crouching while exerting force	R	R	R	R
				2	1	2	Low
Ankles / Feet / Toes	Standing, walking without bending or leaning; weight on both feet	Bending forward, leaning on table; weight on one side; pivoting while exerting force	Exerting high force while pulling or lifting; crouching while exerting force; standing on tiptoes	L	L	L	L
				2	1	2	Low
Continuous Effort Duration		<6 s 1	6 – 20 s 2	20 – 30 s 3		>30 s 4 (Enter VH for Priority)	
Effort Frequency		< 1 / min 1	1 – 5 / min 2	> 5 – 15 / min 3		> 15 / min 4 (Enter VH for Priority)	

Tabel 3.12 Data MFA Proses *Under Body Sub Assy.* dan *Under Body*

Job	Under Body Sub Assy			Analyst	Hendra Pramono HS		
Task	Respot Under Body			Date	14 January 2011		
Region	Effort level <75% of workers can exert effort - 4			Scores			Priority
	Light - 1	Moderate - 2	Heavy - 3	Effort	Duration	Freq	
Neck	Head turned partly to side, back or slightly forward	Head turned to side; head fully back; head forward about 20°	Same as moderate but with force or weight; head stretched forward	2	2	2	Moderate
Shoulders	Arms slightly away from sides; arms extended with some support	Arms away from body, no support; working overhead	Exerting forces or holding weight with arms away from body or overhead	R	R	R	R
				3	2	2	High
				L	L	L	L
				3	2	2	High
Back	Leaning to side or bending arching back	Bending forward; no load; lifting moderately heavy loads near body; working overhead	Lifting or exerting force while twisting; high force or load while bending	3	2	3	High
Arms/Elbow	Arms away from body, no load; light forces lifting near body	Rotating arms while exerting moderate force	High forces exerted with rotation; lifting with arms extended	R	R	R	R
				2	2	2	Moderate
				L	L	L	L
				2	2	2	Moderate
Wrists / Hands / Fingers	Light forces or weights handled close to body; straight wrists; comfortable power grips	Grips with wide or narrow span; moderate wrist angles, especially flexion; use of gloves with moderate forces	Pinch grips; strong wrist angles; slippery surfaces	R	R	R	R
				2	2	2	Moderate
				L	L	L	L
				2	2	2	Moderate
Legs/Knees	Standing, walking without bending or leaning; weight on both feet	Bending forward, leaning on table; weight on one side pivoting while exerting force	Exerting high force while pulling or lifting; crouching while exerting force	R	R	R	R
				2	2	2	Moderate
				L	L	L	L
				2	2	2	Moderate
Ankles / Feet / Toes	Standing, walking without bending or leaning; weight on both feet	Bending forward, leaning on table; weight on one side; pivoting while exerting force	Exerting high force while pulling or lifting; crouching while exerting force; standing on tiptoes	R	R	R	R
				2	2	2	Moderate
				L	L	L	L
				2	2	2	Moderate
Continuous Effort Duration		<6 s 1	6 – 20 s 2	20 – 30 s 3		>30 s 4 (Enter VH for Priority)	
Effort Frequency		< 1 / min 1	1 – 5 / min 2	> 5 – 15 / min 3		> 15 / min 4 (Enter VH for Priority)	

Tabel 3.13 Data MFA Proses *Side Member*

Job				Analyst			
Process Side Member				Hendra Pramono HS			
Task				Date			
Respot Side Member				14 January 2011			
Region	Effort level			Scores			Priority
	<75% of workers can exert effort - 4			Effort	Duration	Freq	
	Light - 1	Moderate - 2	Heavy - 3				
Neck	Head turned partly to side, back or slightly forward	Head turned to side; head fully back; head forward about 20°	Same as moderate but with force or weight; head stretched forward	2	2	2	Moderate
Shoulders	Arms slightly away from sides; arms extended with some support	Arms away from body, no support; working overhead	Exerting forces or holding weight with arms away from body or overhead	R	R	R	R
				3	2	2	High
Back	Leaning to side or bending arching back	Bending forward; no load; lifting moderately heavy loads near body; working overhead	Lifting or exerting force while twisting; high force or load while bending	L	L	L	L
				3	2	2	High
Arms/Elbow	Arms away from body, no load; light forces lifting near body	Rotating arms while exerting moderate force	High forces exerted with rotation; lifting with arms extended	R	R	R	R
				2	1	2	Low
Wrists / Hands / Fingers	Light forces or weights handled close to body; straight wrists; comfortable power grips	Grips with wide or narrow span; moderate wrist angles, especially flexion; use of gloves with moderate forces	Pinch grips; strong wrist angles; slippery surfaces	L	L	L	L
				2	1	2	Low
Legs/Knees	Standing, walking without bending or leaning; weight on both feet	Bending forward, leaning on table; weight on one side pivoting while exerting force	Exerting high force while pulling or lifting; crouching while exerting force	R	R	R	R
				2	2	2	Moderate
Ankles / Feet / Toes	Standing, walking without bending or leaning; weight on both feet	Bending forward, leaning on table; weight on one side; pivoting while exerting force	Exerting high force while pulling or lifting; crouching while exerting force; standing on tiptoes	L	L	L	L
				2	2	2	Moderate
Continuous Effort Duration		<6 s 1	6 – 20 s 2	20 – 30 s 3		>30 s 4 (Enter VH for Priority)	
Effort Frequency		< 1 / min 1	1 – 5 / min 2	> 5 – 15 / min 3		> 15 / min 4 (Enter VH for Priority)	

Tabel 3.14 Data MFA Proses Main Body

Job	Process Main Body			Analyst	Hendra Pramono HS		
Task	CO2 Welding			Date	14 Januari 2011		
Region	Effort level <75% of workers can exert effort - 4			Scores			Priority
	Light - 1	Moderate - 2	Heavy - 3	Effort	Duration	Freq	
Neck	Head turned partly to side, back or slightly forward	Head turned to side; head fully back; head forward about 20°	Same as moderate but with force or weight; head stretched forward	2	2	3	High
Shoulders	Arms slightly away from sides; arms extended with some support	Arms away from body, no support; working overhead	Exerting forces or holding weight with arms away from body or overhead	R	R	R	R
				2	2	2	Moderate
				L	L	L	L
				2	2	2	Moderate
Back	Leaning to side or bending arching back	Bending forward; no load; lifting moderately heavy loads near body; working overhead	Lifting or exerting force while twisting; high force or load while bending	3	2	2	High
Arms/Elbow	Arms away from body, no load; light forces lifting near body	Rotating arms while exerting moderate force	High forces exerted with rotation; lifting with arms extended	R	R	R	R
				2	1	2	Low
				L	L	L	L
				2	1	2	Low
Wrists / Hands / Fingers	Light forces or weights handled close to body; straight wrists; comfortable power grips	Grips with wide or narrow span; moderate wrist angles, especially flexion; use of gloves with moderate forces	Pinch grips; strong wrist angles; slippery surfaces	R	R	R	R
				2	1	2	Low
				L	L	L	L
				2	1	2	Low
Legs/Knees	Standing, walking without bending or leaning; weight on both feet	Bending forward, leaning on table; weight on one side pivoting while exerting force	Exerting high force while pulling or lifting; crouching while exerting force	R	R	R	R
				2	2	2	Moderate
				L	L	L	L
				2	2	2	Moderate
Ankles / Feet / Toes	Standing, walking without bending or leaning; weight on both feet	Bending forward, leaning on table; weight on one side; pivoting while exerting force	Exerting high force while pulling or lifting; crouching while exerting force; standing on tiptoes	R	R	R	R
				2	2	2	Moderate
				L	L	L	L
				2	2	2	Moderate
Continuous Effort Duration		<6 s 1	6 – 20 s 2	20 – 30 s 3		>30 s 4 (Enter VH for Priority)	
Effort Frequency		< 1 / min 1	1 – 5 / min 2	> 5 – 15 / min 3		> 15 / min 4 (Enter VH for Priority)	

Tabel 3.15 Data MFA Proses *Shell Body* dan *Metal Finish*

Job	<i>Shell Body & Metal Finish Process</i>			Analyst	Hendra Pramono HS		
Task	Install Rear door			Date	14 January 2011		
Region	Effort level <75% of workers can exert effort - 4			Scores			Priority
	Light - 1	Moderate - 2	Heavy - 3	Effort	Duration	Freq	
Neck	Head turned partly to side, back or slightly forward	Head turned to side; head fully back; head forward about 20°	Same as moderate but with force or weight; head stretched forward	3	2	2	High
Shoulders	Arms slightly away from sides; arms extended with some support	Arms away from body, no support; working overhead	Exerting forces or holding weight with arms away from body or overhead	R	R	R	R
				2	1	2	Low
				L	L	L	L
				2	1	2	Low
Back	Leaning to side or bending arching back	Bending forward; no load; lifting moderately heavy loads near body; working overhead	Lifting or exerting force while twisting; high force or load while bending	3	2	2	High
Arms/Elbow	Arms away from body, no load; light forces lifting near body	Rotating arms while exerting moderate force	High forces exerted with rotation; lifting with arms extended	R	R	R	R
				2	2	1	Low
				L	L	L	L
				2	2	1	Low
Wrists / Hands / Fingers	Light forces or weights handled close to body; straight wrists; comfortable power grips	Grips with wide or narrow span; moderate wrist angles, especially flexion; use of gloves with moderate forces	Pinch grips; strong wrist angles; slippery surfaces	R	R	R	R
				2	2	1	Low
				L	L	L	L
				2	2	1	Low
Legs/Knees	Standing, walking without bending or leaning; weight on both feet	Bending forward, leaning on table; weight on one side pivoting while exerting force	Exerting high force while pulling or lifting; crouching while exerting force	R	R	R	R
				2	2	2	Moderate
				L	L	L	L
				2	2	2	Moderate
Ankles / Feet / Toes	Standing, walking without bending or leaning; weight on both feet	Bending forward, leaning on table; weight on one side; pivoting while exerting force	Exerting high force while pulling or lifting; crouching while exerting force; standing on tiptoes	R	R	R	R
				2	2	2	Moderate
				L	L	L	L
				2	2	2	Moderate
Continuous Effort Duration		<6 s	6 – 20 s	20 – 30 s		>30 s 4 (Enter VH for Priority)	
		1	2	3			
Effort Frequency		< 1 / min	1 – 5 / min	> 5 – 15 / min		> 15 / min 4 (Enter VH for Priority)	
		1	2	3			

Aktifitas tiap proses yang akan di analisa untuk dijadikan prioritas perbaikannya adalah aktifitas yang mempunyai hasil kumulasi *effort + duration + frequency = high* atau *very high* seperti yang terlihat pada tabel 3.16 sampai dengan tabel 3.21.

Tabel 3.16 Data Kumulasi Proses *Under Front*

Body Part	Akumulasi	Prioritas	Rincian Aktivitas Otot
Neck	322	High	Kepala menekuk kekiri dan kanan sambil menahan beban pada saat pengelasan (karena posisi kerja terlalu rendah)
Back	322	High	Badan membungkuk kekanan, kiri dan kedepan (karena jangkauan terlalu jauh) sambil menahan beban

catatan : Data diambil dari Tabel 3.10 di atas

Tabel 3.17 Data Kumulasi Proses *Under Rear*

Body Part	Akumulasi	Prioritas	Rincian Aktivitas Otot
R Arms/Elbow	332	High	Mengerahkan banyak tenaga pada saat mengangkat benda dengan lengan dipanjangkan (faktor part terlalu menempel pada jig)
L Arms/Elbow	332	High	Mengerahkan banyak tenaga pada saat mengangkat benda dengan lengan dipanjangkan (faktor part terlalu menempel pada jig)

catatan : Data diambil dari Tabel 3.11

Tabel 3.18 Data Kumulasi Proses *Under Body Sub Assy.* dan *Under Body*

Body Part	Akumulasi	Prioritas	Rincian Aktivitas Otot
R Shoulders	322	High	Lengan jauh dari badan dengan menahan beban gun welding yang berat
L Shoulders	322	High	Lengan jauh dari badan dengan menahan beban gun welding yang berat
Back	323	High	Badan menunduk sambil mengerahkan tenaga pada saat melakukan pengelasan (faktor jangkauan terlalu jauh dan berat gun welding)

Catatan : Data diambil dari tabel 3.12

Tabel 3.19 Data Kumulasi Proses *Side Member*

Body Part	Akumulasi	Prioritas	Rincian Aktivitas Otot
R Shoulders	322	High	Lengan jauh dari badan sambil mengerahkan tenaga pada saat melakukan pengelasan (Faktor jangkauan terlalu jauh)
L Shoulders	322	High	Lengan jauh dari badan sambil mengerahkan tenaga pada saat melakukan pengelasan (Faktor jangkauan terlalu jauh)
Back	322	High	Badan menunduk sambil mengerahkan tenaga pada saat melakukan pengelasan (faktor jangkauan terlalu jauh)

Catatan : Data diambil dari tabel 3.13

Tabel 3.20 Data Kumulasi Proses *Main Body*

Body Part	Akumulasi	Prioritas	Strategi untuk menurunkan akumulasi
neck	223	High	Kepala menunduk ke depan dengan frekuensi sering
Back	322	High	Badan terlalu menunduk pada saat melakukan pengelasan

Note Data diambil dari tabel 3.14

Tabel 3.21 Data Kumulasi Proses *Shell Body dan Metal Finish*

Body Part	Akumulasi	Prioritas	Strategi untuk menurunkan akumulasi
neck	322	High	Leher menunduk maju saat memasang baut
Back	322	High	Badan terlalu membungkuk sambil mengerahkan tenaga saat pemasangan baut.

Note Data diambil dari tabel 3.15

BAB IV ANALISA DATA

4.1 Kontribusi Faktor Non Manusia Terhadap Efisiensi Produksi

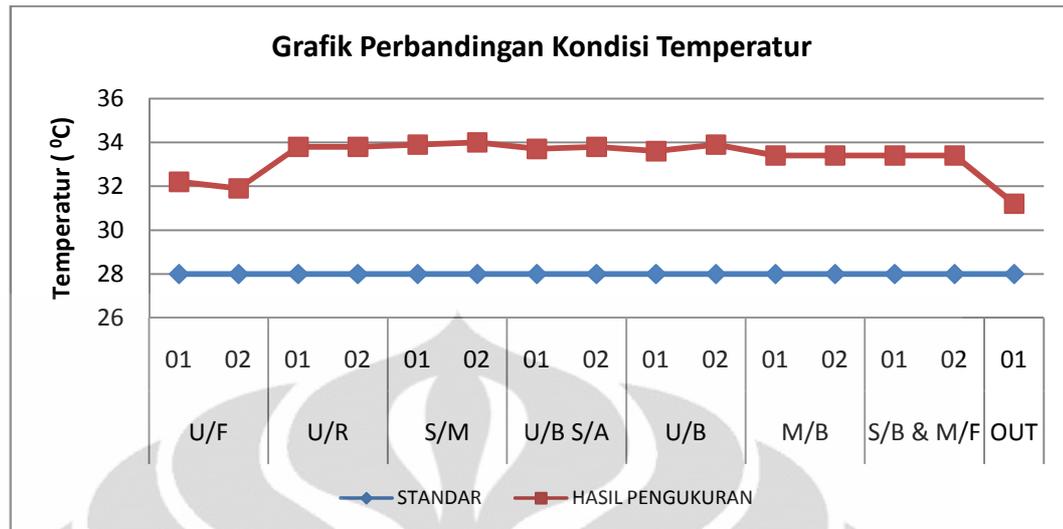
4.1.1 Temperatur Udara

Salah satu faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap kenyamanan, daya konsentrasi dan ketahanan pekerja adalah faktor lingkungan kerja. Temperatur yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menimbulkan masalah baik terhadap keselamatan pekerja sendiri maupun terhadap efektifitas bekerja.

Tabel 4.1 dan grafik 4.1 berikut ini adalah perbandingan temperatur udara, di area kerja *welding* dengan standar temperatur kerja menurut surat keputusan menteri kesehatan Kep.No.1405/MENKES/SK/XI/2002, serta tabel 4.2 dan grafik 4.2 merupakan perbandingan WBGT (*World Bulb Globe Temperature*) dengan standar WBGT menurut keputusan menteri tenaga kerja nomor: KEP-51/MEN/1999.

Tabel 4.1 Data Perbandingan Temperatur

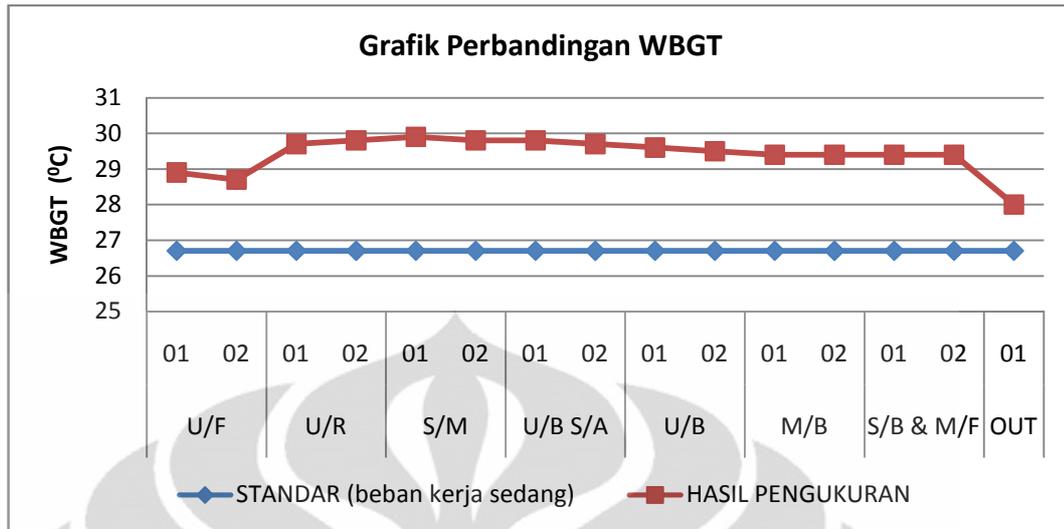
No	Area	Titik Pengukuran	Standar (°C)	Hasil Pengukuran (°C)
1	U/F	01	28	32,2
		02	28	31,9
2	U/R	01	28	33,8
		02	28	33,8
3	S/M	01	28	33,9
		02	28	34
4	U/B S/A	01	28	33,7
		02	28	33,8
5	U/B	01	28	33,6
		02	28	33,9
6	M/B	01	28	33,4
		02	28	33,4
7	S/B & M/F	01	28	33,4
		02	28	33,4
8	OUT	01	28	31,2



Grafik 4.1 Grafik Perbandingan Temperatur

Tabel 4.2 Data Perbandingan WBGT

No	Area	Titik Pengukuran	Standar (Beban Kerja sedang, °C)	Hasil Pengukuran (°C)
1	U/F	01	26,7	28,9
		02	26,7	28,7
2	U/R	01	26,7	29,7
		02	26,7	29,8
3	S/M	01	26,7	29,9
		02	26,7	29,8
4	U/B S/A	01	26,7	29,8
		02	26,7	29,7
5	U/B	01	26,7	29,6
		02	26,7	29,5
6	M/B	01	26,7	29,4
		02	26,7	29,4
7	S/B & M/F	01	26,7	29,4
		02	26,7	29,4
8	OUT	01	26,7	28



Grafik 4.2 Grafik Perbandingan WBGT

Dari tabel data dan grafik diatas bisa dilihat bahwa kondisi temperatur dan WBGT lingkungan kerja melebihi batas standar, yaitu diatas 28°C untuk temperatur dan diatas $26,7^{\circ}\text{C}$ untuk WBGT, yang berdampak pada ketidaknyamanan dalam bekerja, oleh karena itu perlu dilakukan penanggulangan masalah ketidaknyamanan tersebut.

Ada beberapa alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasinya, antara lain:

Pemasangan *Air Conditioner* (AC) di area produksi, Sebelumnya pendingin area produksi hanya menggunakan kipas elektrik di beberapa titik pada setiap area produksi, dengan pemasangan AC ini dapat menyalurkan udara dinginnya menggunakan saluran yang mengarah langsung mendekati daerah operator bekerja (gambar 4.1). Sehingga udara dingin dari AC akan lebih optimal, dan mengenai sasaran para operator.

Penambahan *exhaust* di area produksi (gambar 4.2), untuk meningkatkan sirkulasi udara yang ada di area kerja dan menghisap asap-asap hasil percikan *welding gun*, sehingga udara disekitar area kerja akan menjadi lebih dingin dan nyaman untuk bekerja.



Gambar 4.1 Gambar Pemasangan AC dengan *Ducting* Mengarah ke Operator

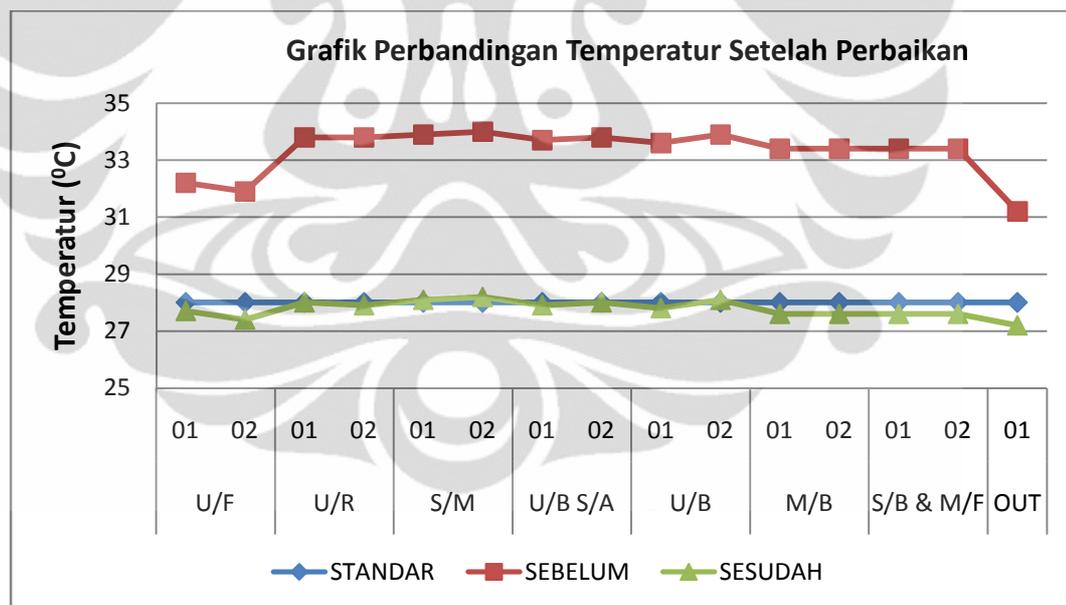


Gambar 4.2 Gambar Pemasangan *Exhaust* untuk Meningkatkan Sirkulasi Udara dan Menghisap Asap dari Proses *Welding*.

Dengan perbaikan yang dilakukan maka didapat hasil penurunan temperatur seperti yang terlihat pada tabel 4.3 dan direpresentasikan pada grafik 4.3 serta WBGT seperti yang terlihat pada tabel 4.4 dan representasi datanya terlihat pada grafik 4.4.

Tabel 4.3 Data Perbandingan Temperatur Setelah Perbaikan

No	Area	Titik Pengukuran	Standar (°C)	Hasil Pengukuran	
				Sebelum (°C)	Sesudah (°C)
1	U/F	01	28	32,2	27,7
		02	28	31,9	27,4
2	U/R	01	28	33,8	28
		02	28	33,8	27,9
3	S/M	01	28	33,9	28,1
		02	28	34	28,2
4	U/B S/A	01	28	33,7	27,9
		02	28	33,8	28
5	U/B	01	28	33,6	27,8
		02	28	33,9	28,1
6	M/B	01	28	33,4	27,6
		02	28	33,4	27,6
7	S/B & M/F	01	28	33,4	27,6
		02	28	33,4	27,6
8	OUT	01	28	31,2	27,2



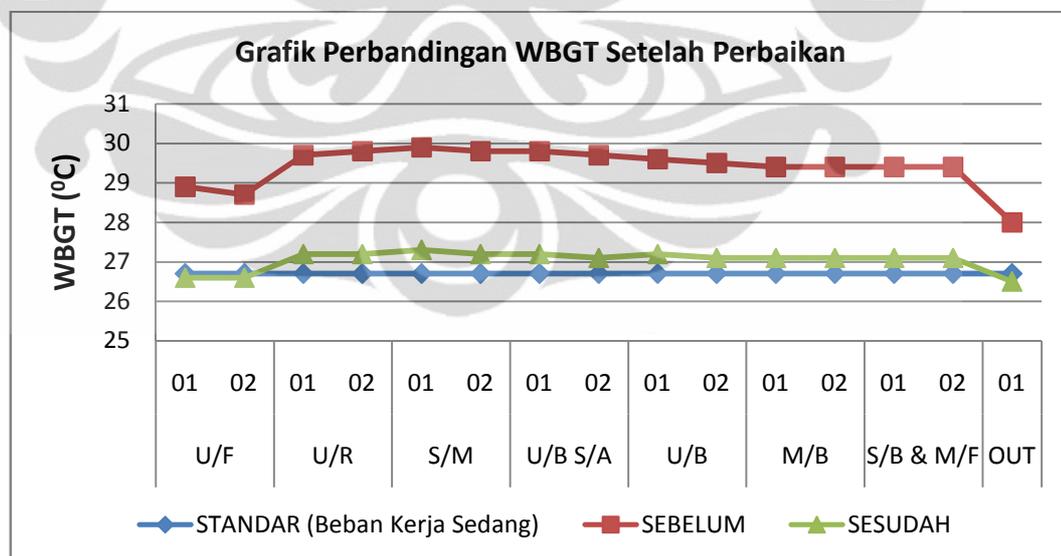
Grafik 4.3 Grafik Perbandingan Temperatur Setelah Perbaikan

Dari data di atas terlihat terjadi penurunan temperatur yang cukup drastis yaitu rata-rata 5,5°C, meskipun belum secara keseluruhan area memenuhi nilai ambang batas yang ditetapkan pemerintah (Kep.NO.1405/MENKES/SK/XI/2002)

yaitu antar 18°C-28 °C, akan tetapi sudah pasti memberikan efek kenyamanan bagi operator yang bekerja di area *welding* tersebut.

Tabel 4.4 Data Perbandingan WBGT Setelah Perbaikan

No	Area	Titik Pengukuran	Standar (beban kerja sedang, °C)	Hasil Pengukuran	
				Sebelum(°C)	Sesudah (°C)
1	U/F	01	26,7	28,9	26,6
		02	26,7	28,7	26,6
2	U/R	01	26,7	29,7	27,2
		02	26,7	29,8	27,2
3	S/M	01	26,7	29,9	27,3
		02	26,7	29,8	27,2
4	U/B S/A	01	26,7	29,8	27,2
		02	26,7	29,7	27,1
5	U/B	01	26,7	29,6	27,2
		02	26,7	29,5	27,1
6	M/B	01	26,7	29,4	27,1
		02	26,7	29,4	27,1
7	S/B & M/F	01	26,7	29,4	27,1
		02	26,7	29,4	27,1
8	OUT	01	26,7	28	26,5



Grafik 4.4 Grafik Perbandingan WBGT Setelah Perbaikan

Sedangkan untuk WBGT juga terjadi penurunan namun masih diatas nilai ambangbatas untuk kategori kerja sedang, WBGT menurut KEP.51/MEN/1999

dibagi menjadi 3 kategori antara lain:

- Beban kerja ringan dengan waktu kerja 8 jam perhari : maksimum 30°C
- Beban kerja sedang dengan waktu kerja 8 jam perhari : maksimum 26,7°C
- Beban kerja berat dengan waktu kerja 8 jam perhari : maksimum 25°C

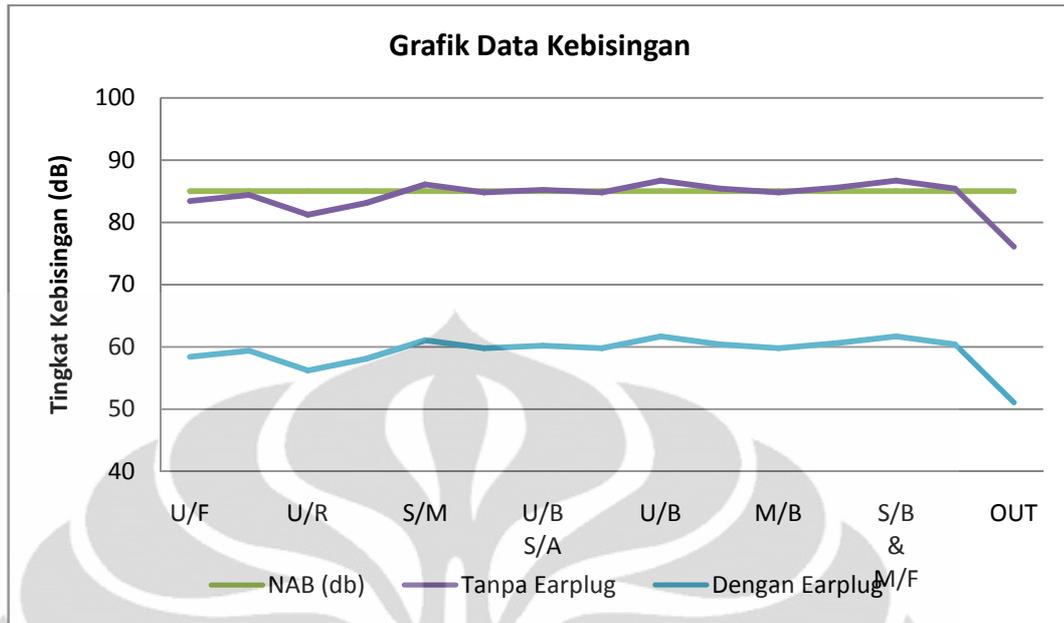
Oleh karena itu hasil yang diperoleh setelah perbaikan di area kerja *welding* masih dapat dianggap memenuhi persyaratan karena berada diantara nilai ambang batas beban sedang dan ringan.

4.1.2 Faktor Kebisingan

Suara yang ditimbulkan oleh alat-alat yang digunakan di area *welding* sangat mengganggu pendengaran. Tingkat kebisingan yang ditimbulkan berkisar antara 81,2 – 86,7 dB dengan standard kebisingan yang masih diperbolehkan untuk telinga manusia 85 dB, tentu saja hal ini berbahaya jika pekerja terpapar selama 8 jam kerja dengan tingkat kebisingan yang diterima oleh telinga diatas tingkat kebisingan standar yang diizinkan. Data tingkat kebisingan pada area *welding* dirangkum pada tabel 4.5, sedangkan representasi data tersebut dalam bentuk grafik dapat dilihat pada grafik 4.5.

Tabel 4.5 Data Kebisingan Area Kerja

No	Area	Titik Pengukuran	Standar (NAB, dB)	Hasil Pengukuran	
				Tingkat Bising (dB)	Dengan Ear plug (dB)
1	U/F	01	85	83,4	58,4
		02	85	84,4	59,4
2	U/R	01	85	81,2	56,2
		02	85	83,1	58,1
3	S/M	01	85	86,1	61,1
		02	85	84,8	59,8
4	U/B S/A	01	85	85,2	60,2
		02	85	84,8	59,8
5	U/B	01	85	86,7	61,7
		02	85	85,4	60,4
6	M/B	01	85	84,8	59,8
		02	85	85,6	60,6
7	S/B & M/F	01	85	86,7	61,7
		02	85	85,4	60,4
8	OUT	01	85	76,1	51,1



Grafik 4.5 Grafik Perbandingan Tingkat Kebisingan dengan Standar Kebisingan

Dari Grafik diatas bisa terlihat tingkat kebisingan yang diterima telinga pekerja berkisar antara 81,2 – 86,7 dB diatas nilai standard kebisingan yang diizinkan (Kep MEN 51/1999) yakni 85 dB. Maka diberlakukan kewajiban untuk menggunakan Alat Perlindungan Diri (APD) yang sesuai dengan standard yaitu *ear plug* yang mampu mengurangi tingkat kebisingan suara sampai angka 25 dB.

4.1.3 Faktor Mesin

Mesin juga berpengaruh terhadap efisiensi produksi, karena mesin menjamin kelancaran dalam proses produksi, karena proses produksi di *welding* juga menggunakan sistem konveyor maka apabila terjadi kerusakan pada mesin tersebut maka proses tersebut akan berhenti dan disebut dengan *line stop*, yang berakibat menurunnya efisiensi produksi.

Masalah mesin yang sering terjadi di *welding* adalah gangguan transfer karena *skid transfer* yang digunakan untuk meletakkan *body* mobil pada konveyor memiliki akurasi yang tidak beraturan, hal ini berakibat *skid transfer* sering menyangkut pada konveyor.

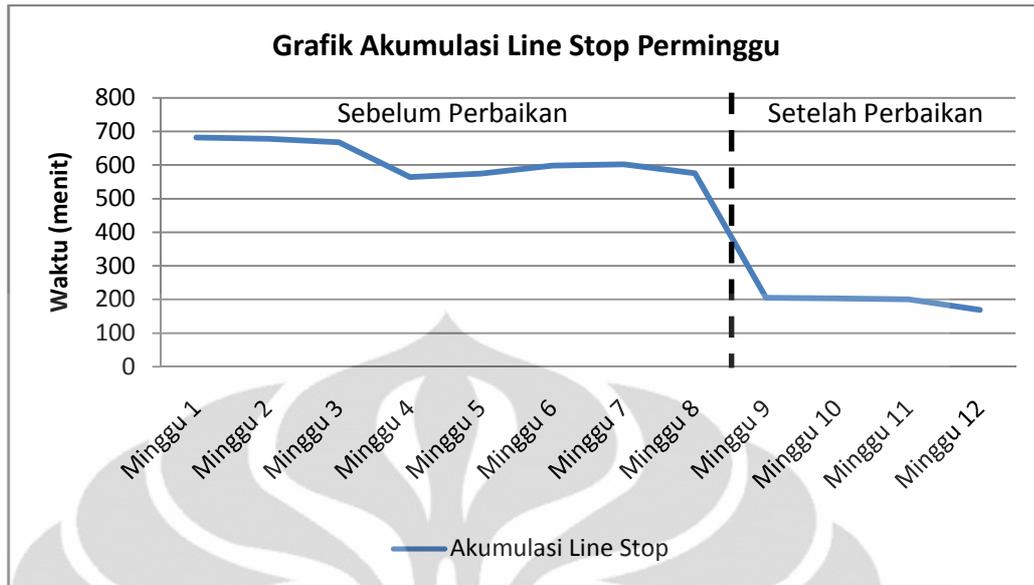
Hal tersebut dikarenakan pemakaian *skid transfer* secara terus-menerus sehingga *skid transfer* mengalami deformasi. Perbaikan yang dilakukan adalah

melakukan penjadwalan untuk pengecekan secara berkala *skid transfer* dengan menggunakan *checking fixture* selain itu melakukan penggantian *skid transfer* yang sudah tidak dapat dilakukan perbaikan, hanya memperbolehkan skid transfer dengan kondisi baik untuk digunakan di jalur produksi.

Tabel 4.6 dan grafik 4.6 berikut ini adalah data hasil perbaikan yang telah dilakukan terhadap faktor mesin dengan akumulasi setiap minggunya.

Tabel 4.6 Data Akumulasi *Line Stop*

NO	Waktu Akumulasi	Line Stop (menit)
1	Minggu 1	682
2	Minggu 2	678
3	Minggu 3	668
4	Minggu 4	564
5	Minggu 5	575
6	Minggu 6	598
7	Minggu 7	602
8	Minggu 8	576
9	Minggu 9	205
10	Minggu 10	203
11	Minggu 11	200
12	Minggu 12	169



Grafik 4.6 Grafik Akumulasi *Line Stop* Perminggu Sebelum dan Sesudah Perbaikan

Dari data tersebut terlihat bahwa pada awal sebelum ada perbaikan waktu *line stop* karena mesin berkisar antara 575-682 menit untuk setiap minggunya, tetapi setelah adanya perbaikan akumulasi *line stop* turun menjadi 169-205 menit setiap minggu.

4.2 Kontribusi Faktor Manusia Terhadap Efisiensi Produksi

Faktor manusia dalam melakukan aktivitas pekerjaannya sangat berpengaruh terhadap efisiensi produksi.

Berdasarkan hasil kumulasi analisa proses *welding* di bab III, didapat data sebagai berikut:

- Proses *Under Front* hasil kumulasinya:
 - Untuk leher nilainya 322 = *high*
 - Untuk punggung nilainya 322 = *high*
- Proses *Under Rear* hasil kumulasinya:
 - Untuk siku kanan dan kiri nilainya 332 = *high*
- Proses *Under Body Sub Assy. dan Under Body* hasil kumulasinya:
 - Untuk bahu kanan dan kiri nilainya 223 = *high*
 - Untuk punggung nilainya 323 = *high*

- Proses *Side Member* hasil kumulasinya:
 - Untuk bahu kanan dan kiri nilainya 322 = *high*
 - Untuk punggung nilainya 322 = *high*
- Proses *Main Body* hasil kumulasinya:
 - Untuk leher, nilainya 223 = *high*
 - Untuk punggung nilainya 223 = *high*
- Proses *Shell Body dan Metal Finih* hasil kumulasinya:
 - Untuk leher, nilainya 322 = *high*
 - Untuk punggung nilainya 322 = *high*

Aktivitas yang mempunyai nilai prioritas *high* di atas adalah aktivitas yang berpotensi menimbulkan masalah baik pada efektifitas gerak kerja maupun pada kenyamanan dan keamanan pekerja itu sendiri, seperti:

- Kepala menekuk ke kiri dan kanan sambil menahan beban pada saat pengelasan (karena posisi kerja terlalu rendah).
- Badan membungkuk ke kanan, kiri dan kedepan (karena jangkauan terlalu jauh) sambil menahan beban.
- Mengerahkan banyak tenaga pada saat mengangkat benda dengan lengan dipanjangkan (faktor part terlalu menempel pada jig).
- Lengan jauh dari badan dengan menahan beban gun welding yang berat
- Badan menunduk sambil mengerahkan tenaga pada saat melakukan pengelasan (faktor jangkauan terlalu jauh dan berat gun *welding*).
- Lengan jauh dari badan sambil mengerahkan tenaga pada saat melakukan pengelasan (Faktor jangkauan terlalu jauh).
- Kepala menunduk ke depan dengan frekuensi sering.
- Badan terlalu menunduk pada saat melakukan pengelasan.

Dari aktivitas-aktivitas yang mempunyai prioritas *high* di atas maka dilakukan perbaikan aktivitas mulai dari prosedur urutan kerja sampai dengan peralatan yang berpengaruh dalam pekerjaan tersebut.

Tabel 4.7 Aktivitas Perbaikan Proses *Under Front*

Body Part	Aktivitas Perbaikan	Sebelum	Sesudah	Prioritas
Neck	Menambah tinggi bidang kerja sehingga jangkaun menjadi lebih dekat	322	222	Moderate
Back	Menambah tinggi bidang kerja sehingga jangkaun menjadi lebih dekat	322	222	Moderate

Tabel 4.8 Aktivitas Perbaikan Proses *Under Rear*

Body Part	Aktivitas Perbaikan	Sebelum	Sesudah	Prioritas
R Arms/El bow	Mengatur Welding Jig (tempat untuk <i>setting part</i>) untuk tidak terlalu mencengkeram part sehingga lebih mudah untuk mengambil part pada saat selesai proses pengelasan.	332	132	Moderate
L Arms/El bow	Mengatur Welding Jig (tempat untuk <i>setting part</i>) untuk tidak terlalu mencengkeram part sehingga lebih mudah untuk mengambil part pada saat selesai proses pengelasan.	332	132	Moderate

Tabel 4.9 Aktivitas Perbaikan Proses *Under Body Sub Assy.* dan *Under Body*

Body Part	Aktivitas Perbaikan	Sebelum	Sesudah	Prioritas
R Shoulders	Mengganti Spring Balancer (tempat menggantungkan Welding Gun) dengan ukuran yang lebih besar sehingga Gun menjadi lebih ringan	322	222	Moderate
L Shoulders	Mengganti Spring Balancer (tempat menggantungkan Welding Gun) dengan ukuran yang lebih besar sehingga Gun menjadi lebih ringan	322	222	Moderate
Back	Mengganti Spring Balancer (tempat menggantungkan Welding Gun) dengan ukuran yang lebih besar sehingga Gun menjadi lebih ringan	323	222	Moderate

Tabel 4.10 Aktivitas Perbaikan Proses *Side Member*

Body Part	Aktivitas Perbaikan	Sebelum	Sesudah	Prioritas
R Shoulders	Memajukan guide (batas operator terhadap part) sehingga jangkauan kerja menjadi lebih dekat	322	222	Moderate
L Shoulders	Memajukan guide (batas operator terhadap part) sehingga jangkauan kerja menjadi lebih dekat	322	222	Moderate
Back	Memajukan guide (batas operator terhadap part) sehingga jangkauan kerja menjadi lebih dekat	322	222	Moderate

Tabel 4.11 Aktivitas Perbaikan Proses *Main Body*

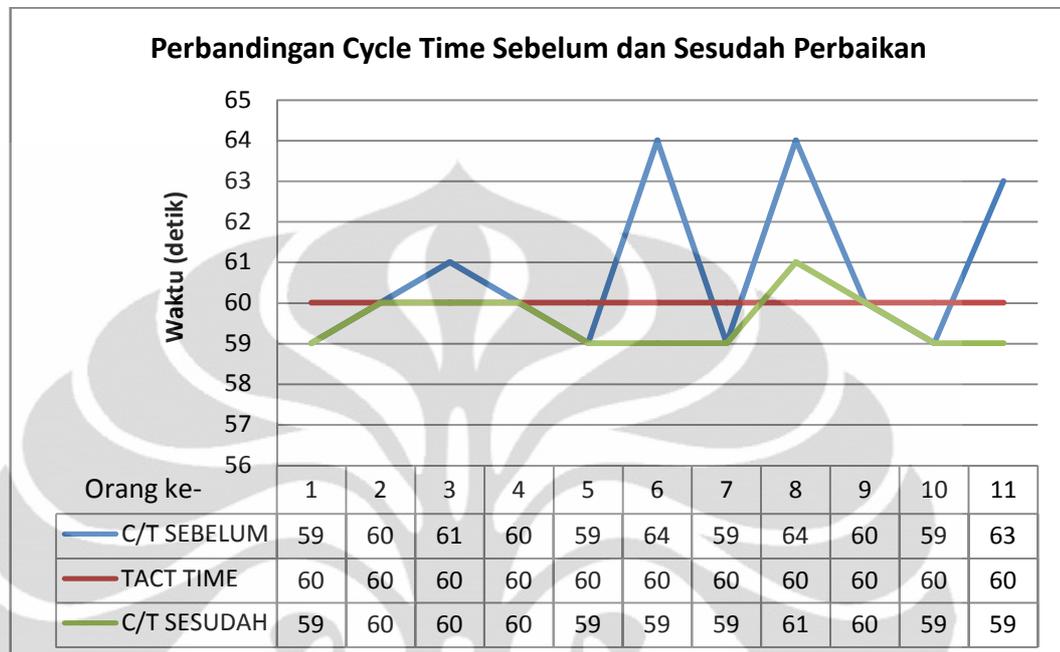
Body Part	Aktivitas Perbaikan	Sebelum	Sesudah	Prioritas
Neck	Merubah SOP cara pengelasan yaitu sebelumnya mengelas sambil membungkuk, dirubah dengan sambil berdiri tetapi perlu pelatihan terlebih dahulu (karena posisi mata lebih jauh dari sebelumnya)	223	222	Moderate
Back	Merubah SOP cara pengelasan yaitu sebelumnya mengelas sambil membungkuk, dirubah dengan sambil berdiri tetapi perlu pelatihan terlebih dahulu (karena posisi mata lebih jauh dari sebelumnya)	322	222	Moderate

Tabel 4.12 Aktivitas Perbaikan Proses *Shell Body dan Metal Finish*

Body Part	Aktivitas Perbaikan	Sebelum	Sesudah	Prioritas
neck	Secara gerakan sudah maksimal.	322	312	High
	Mengganti Snapper (alat untuk memasang baut) dengan speed lebih tinggi untuk mempercepat proses.			
Back	Secara gerakan sudah maksimal.	322	312	High
	Mengganti Snapper (alat untuk memasang baut) dengan speed lebih tinggi untuk mempercepat proses.			

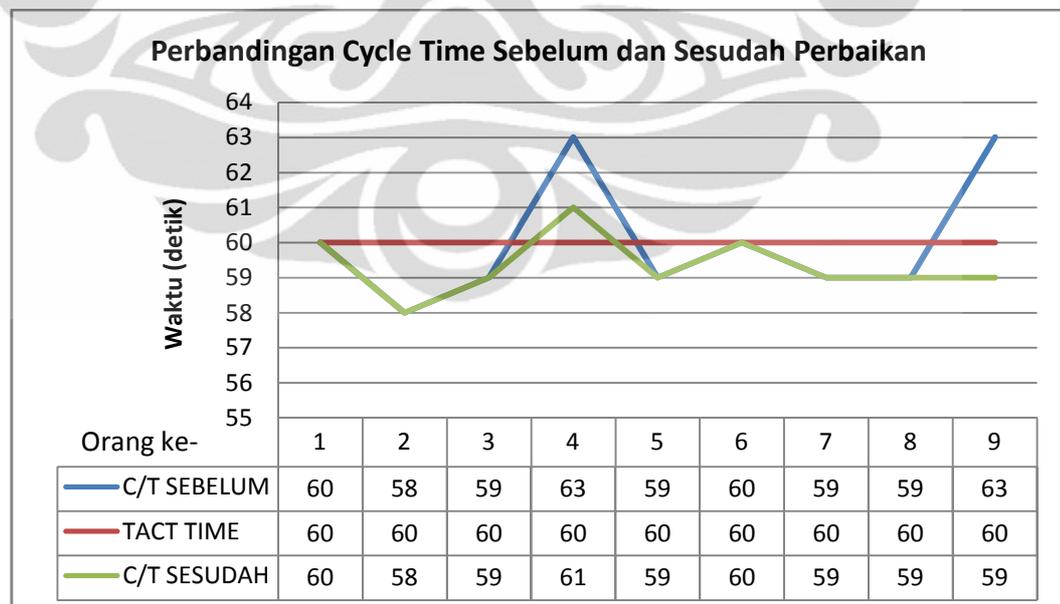
Grafik 4.7 sampai dengan grafik 4.12 di bawah ini menunjukkan perbandingan *cycle time* masing-masing operator sebelum dan sesudah perbaikan.

- Proses *Under Front*



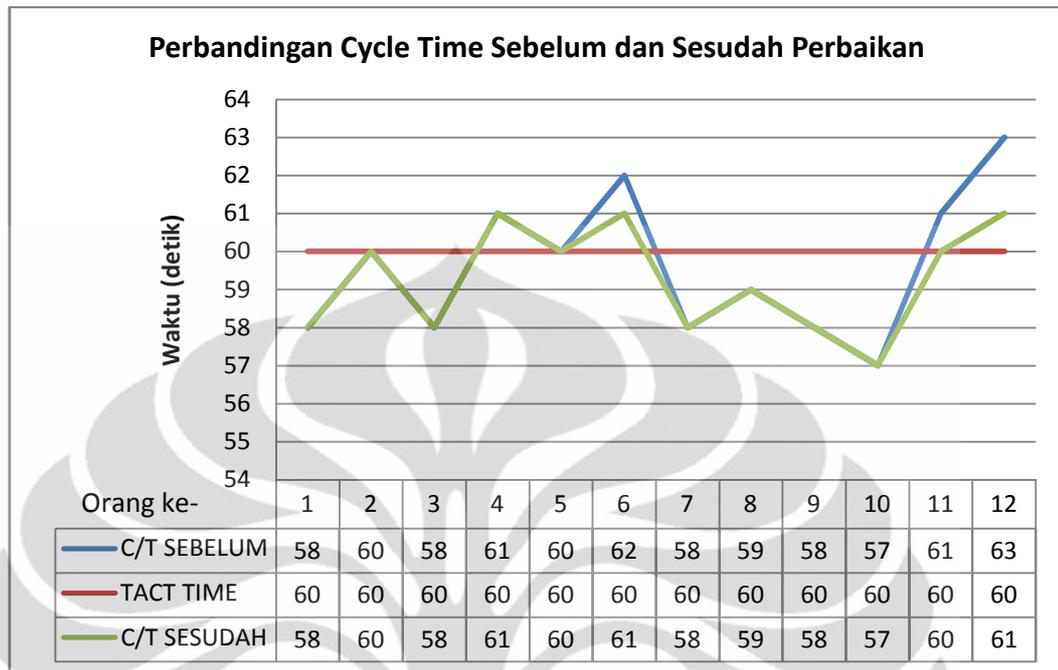
Grafik 4.7 Grafik Perbandingan *Cycle Time* Sebelum dan Sesudah Perbaikan Proses *Under Front*

- Proses *Under Rear*



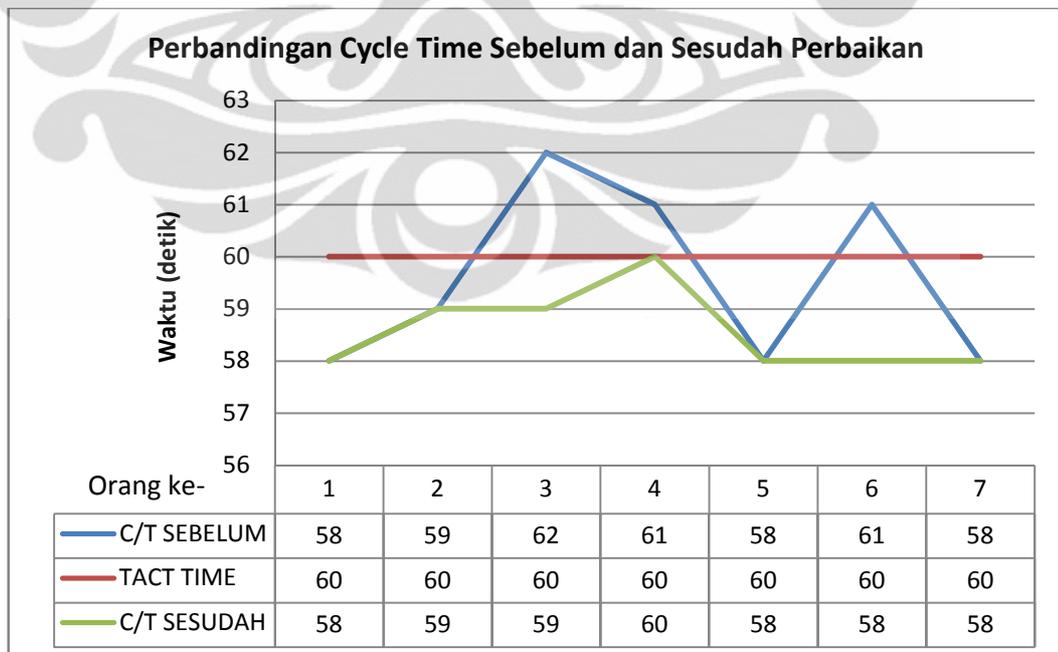
Grafik 4.8 Grafik Perbandingan *Cycle Time* Sebelum dan Sesudah Perbaikan Proses *Under Rear*

- Proses *Under Body Sub Assy.* dan *Under Body*



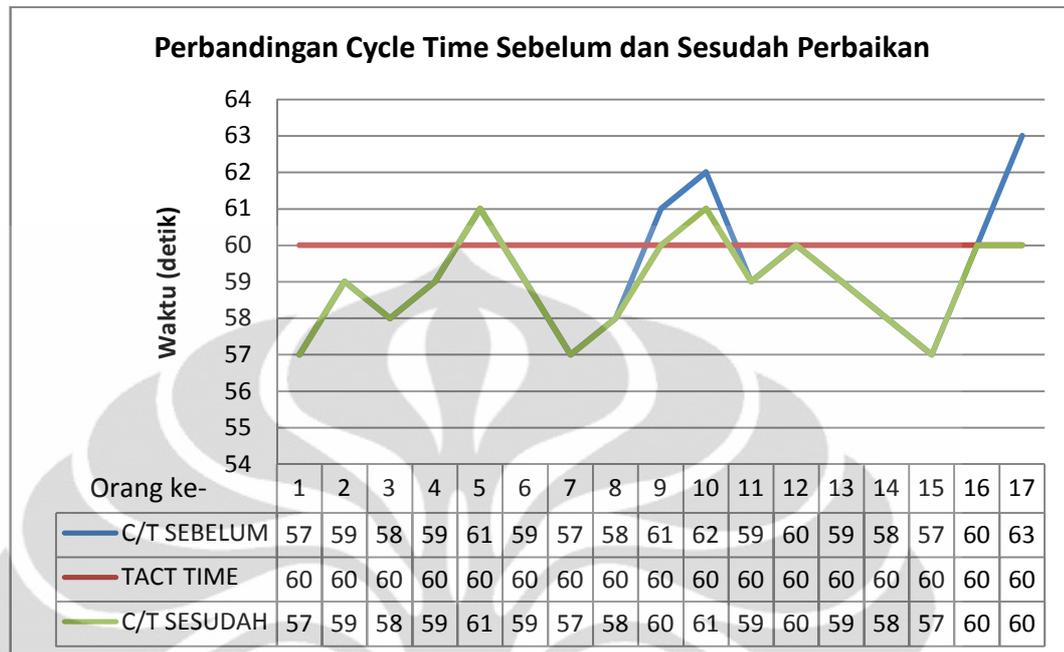
Grafik 4.9 Grafik Perbandingan *Cycle Time* Sebelum dan Sesudah Perbaikan Proses *Under Body Sub Assy.* dan *Under Body*

- Proses *Side Member*



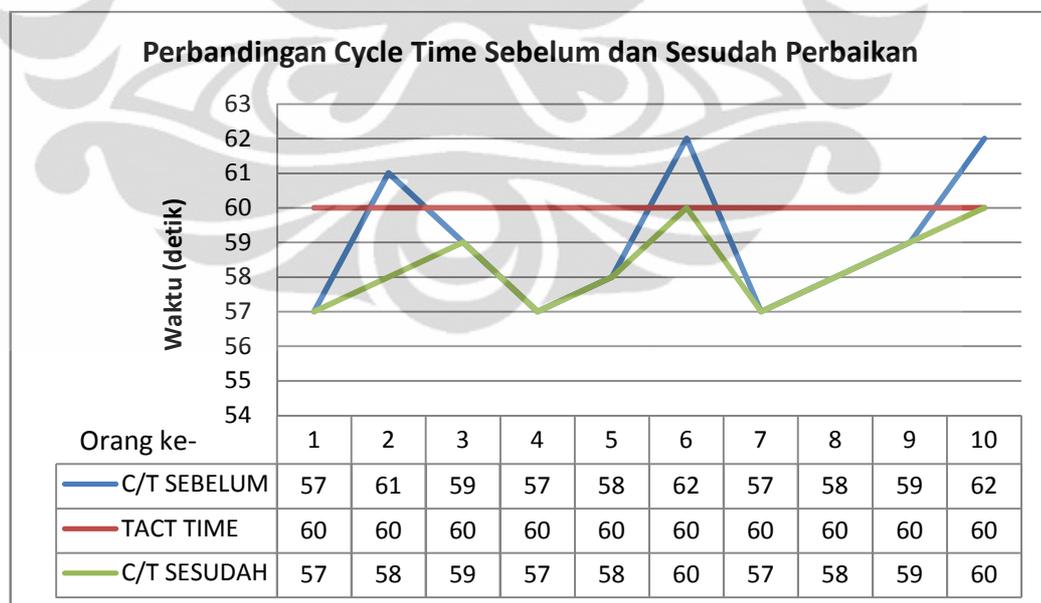
Grafik 4.10 Grafik Perbandingan *Cycle Time* Sebelum dan Sesudah Perbaikan Proses *Side Member*

- Proses *Main Body*



Grafik 4.11 Grafik Perbandingan *Cycle Time* Sebelum dan Sesudah Perbaikan Proses *Main Body*

- Proses *Shell Body dan Metal Finish*

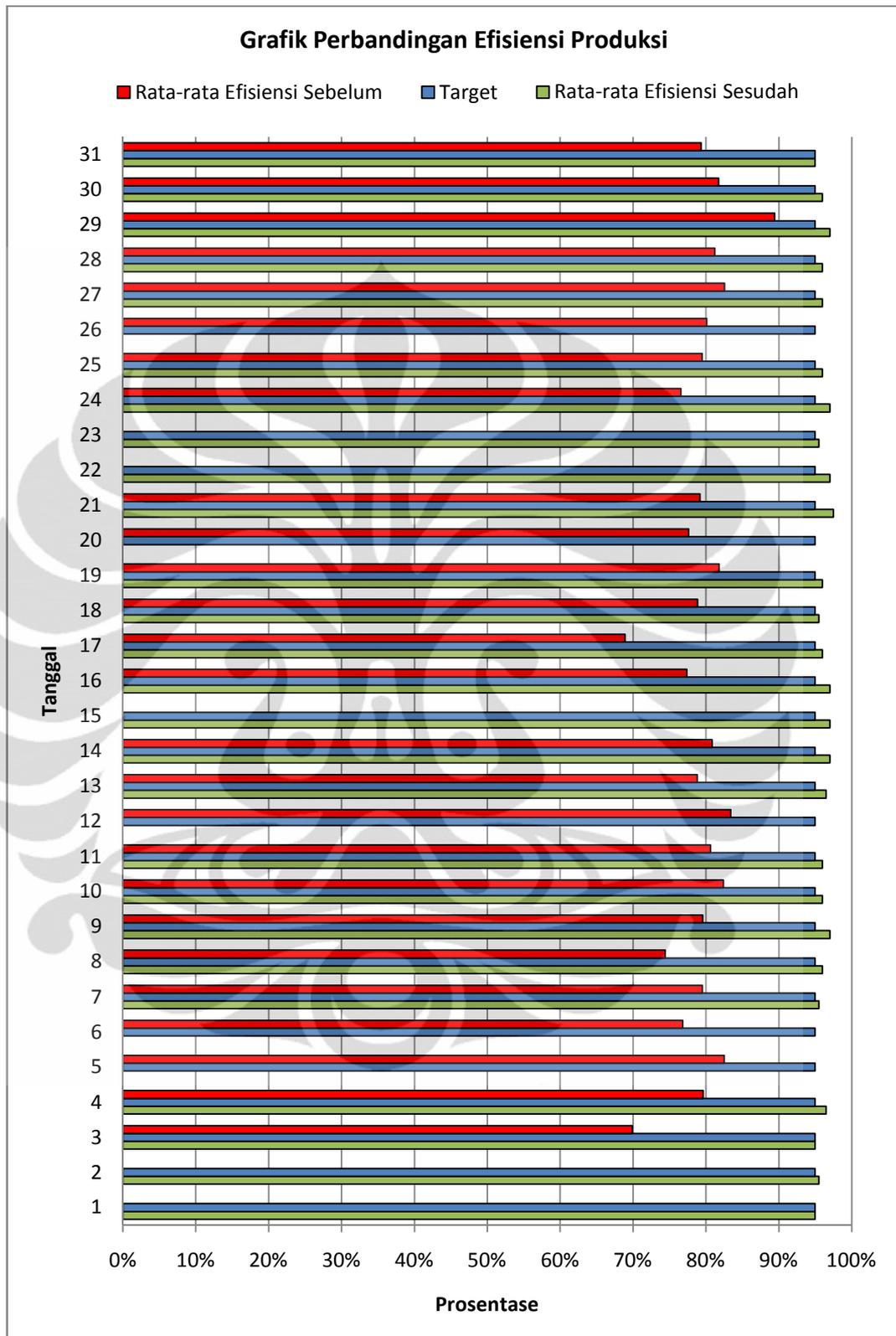


Grafik 4.12 Grafik Perbandingan *Cycle Time* Sebelum dan Sesudah Perbaikan Proses *Shell Body dan Metal Finish*

Setelah dilakukan beberapa perubahan pada proses diatas maka berdampak meningkatnya efisiensi sesuai target yang ditetapkan perusahaan yaitu diatas 95%, jika dibandingkan dengan efisiensi sebelum ada beberapa perbaikan yaitu dibawah 95%, seperti terlihat pada tabel 4.13 dan grafik 4.13 berikut ini.

Tabel 4.13 Tabel Perbandingan Efisiensi Produksi Sebelum dan Sesudah

Tanggal	Rata-rata Efisiensi Sebelum	Target	Rata-rata Efisiensi Sesudah
1	-	95%	95%
2	-	95%	96%
3	70%	95%	95%
4	80%	95%	97%
5	83%	95%	-
6	77%	95%	-
7	80%	95%	96%
8	74%	95%	96%
9	80%	95%	97%
10	82%	95%	96%
11	81%	95%	96%
12	83%	95%	-
13	79%	95%	97%
14	81%	95%	97%
15	-	95%	97%
16	77%	95%	97%
17	69%	95%	96%
18	79%	95%	96%
19	82%	95%	96%
20	78%	95%	-
21	79%	95%	98%
22	-	95%	97%
23	-	95%	96%
24	77%	95%	97%
25	79%	95%	96%
26	80%	95%	-
27	83%	95%	96%
28	81%	95%	96%
29	89%	95%	97%
30	82%	95%	96%
31	79%	95%	95%



Grafik 4.13 Grafik Perbandingan Rata-rata Efisiensi Produksi Sebelum dan Sesudah Perbaikan

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Perbaikan dalam faktor lingkungan berperan dalam meningkatkan kenyamanan kerja sehingga kestabilan kerja operator lebih terjaga dibandingkan dengan sebelum adanya perbaikan. Sedangkan perbaikan dari faktor mesin berpengaruh terhadap menurunnya akumulasi *line stop*, yang sebelumnya rata-rata antara 575-682 menit/minggu berkurang menjadi rata-rata 169-205 menit/minggu. Dan perbaikan dari faktor manusia berpengaruh terhadap menurunnya *cycle time* (waktu minimum yang dibutuhkan operator untuk mengerjakan 1 siklus kerja) dari masing-masing operator, *cycle time* setelah perbaikan dapat lebih kecil atau sama dengan *tact time* yang ditargetkan, sehingga target efisiensi dari faktor manusia dapat terpenuhi. Setelah dilakukan perbaikan dari ketiga faktor tersebut efisiensi produksi di *welding* Xenia-Avanza dapat tercapai sesuai target yaitu diatas 95%.

Efisiensi produksi pada proses *welding* sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan, mesin dan manusia, ketiga faktor tersebut saling mendukung untuk mencapai target efisiensi sehingga bisa disebut sebagai sistem kesatuan yang apabila kita meninggalkan salah satu faktor maka usaha peningkatan efisiensi tidak akan maksimal.

5.2 Saran

Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan menggunakan metode *Psychophysiological* untuk menganalisa faktor psikologis para pekerja terhadap pengaruh beban kerja yang dihadapi dan pengaruh lingkungan kerjanya, sehingga faktor manusia dapat lebih dalam dianalisa pengaruhnya terhadap efisiensi produksi dan kualitas yang didapatkan.

DAFTAR REFERENSI

- Bernard, T.E. and Bloswick, D.(2000) Report on UAW/Ford *Study of Job Analysis Methods to Evaluate the Risk of MSDs, in preparation*. Philadelphia.
- Departemen *Body Welding* Jalur D16D PT. ADM (2011), Data Efisiensi Produksi 2011, Jakarta.
- Departemen EHS PT. ADM (2010), Data Lingkungan PT. ADM Desember 2010-Februari 2011, Jakarta.
- Dul, Jan and Weerdmeester, Bernard.(2001). *Ergonomics for Beginners*, New York: Taylor and Francis.
- Handyside, James and Suresh, Gautham.(2010). *Human Factors and Quality Improvement.Ontario: Elsevier inc*.
- Mark S. Sanders and Ernest J. McCormick (1993). *Human Factors in Engineering and Design*, seventh edition, New York: MC Graw Hill.
- Rodgers, S.H. (1987), Recovery time needs for repetitive work, *Semin. Occup. Med.*, 2, 19–24.
- Rodgers, S.H. (1988), Job evaluation in worker fitness determination, in *Worker Fitness and Risk Evaluations*, Himmelstein, J. and Pransky, G., Eds., Hanley and Belfus, Philadelphia.
- Stanton, Neville A., Hedge, Alan, Salas, Eduardo, Hendrick, Hal W. And Brookhuis, Karel. (2004). *The Handbook of Human Factor and Ergonomics methods*, Danvers: CRC press.