

**ANALISIS PERANCANGAN FASILITAS KERJA BARU
GUNA MENGEFISIENSI WAKTU PRODUKSI DENGAN
METODE DFMA DI BENGKEL AGUS LAS**

SKRIPSI

OLEH :

MUHAMMAD FIQRI PRATAMA

178150089



PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2024

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 3/9/24

Access From (repository.uma.ac.id)3/9/24

**ANALISIS PERANCANGAN FASILITAS KERJA BARU GUNA
MENGEFISIENSI WAKTU PRODUKSI DENGAN METODE DFMA
DI BENGKEL AGUS LAS**

SKRIPSI

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area**



LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : ANALISIS PERANCANGAN FASILITAS KERJA
BARU GUNA MENGEFISIENSI WAKTU PRODUKSI
DENGAN METODE DFMA DI BENGKEL AGUS LAS. ,
Nama : Muhammad Fiqri Pratama
NPM : 178150089
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Industri

Disetujui oleh

Dosen Pembimbing I



Ir Marali Banjarnahor M.Si
NIDN. 020273111

Dosen Pembimbing II



Healthy Aldriany Prasetyo, ST, MT
NIDN. 0119057802

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ebg. Supriatno, S.T, M.T
NIDN. 0102027402

Ketua Program Studi

Pujihs Andriyana, ST, MT
NIDN. 0127038802

Tanggal Lulus: 20 Maret 2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademik yang saya peroleh dan sanksi-sanksi lainnya dengan peraturan yang berlaku, apabila di kemudian hari ditemukan adanya plagiat dalam skripsi ini.

Medan, Februari 2023



M. Fiqri pratama
NPM.17.815.0089

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan Syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanallahu Wa Ta'ala atas berkat rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Adapun judul proposal skripsi ini adalah “Analisis Perancangan Fasilitas Kerja Baru Guna Mengefisiensi Waktu Produksi Dengan Metode Dfma Di Bengkel Agus Las. Proposal skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Strata-I Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh sebab itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna kesempurnaan proposal skripsi ini agar bermanfaat bagi banyak pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng, M.Sc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Eng. Supriatno, S.T, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Medan Area.
3. Ibu Nukhe Andri Silviana, ST, MT, selaku Ketua Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Ir. Marali Banjarnahor, Msi, selaku Dosen Pembimbing I yang telah membantu memberi masukan dan arahan kepada penulis terhadap proposal skripsi ini.

5. Ibu Healthy Aldriany Prasetyo, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II yang telah membantu memberi masukan dan arahan kepada penulis terhadap proposal skripsi ini.
6. Staff pengajar dan pegawai Universitas Medan Area khususnya Program Studi Teknik Industri yang telah membantu penulis dengan baik.
7. Kedua orang tua, adik, dan orang yang sayang kepada penulis yang selalu mendukung serta mendoakan dengan setulus hati kepada penulis.

Atas bantuan, bimbingan dan fasilitas yang telah diberikan kepada penulis. Penulis mengharapkan di dalam penyusunan skripsi ini, penulis mendapatkan kritik dan saran yang sifatnya membangun penulis demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap semoga Allah Subhanallahu Wa Ta'ala membalas semua kebaikan dan bantuan yang telah diberikan kepada penulis. Semoga skripsi ini dapat berguna bagi penulis dan pembaca yang memerlukannya.

Medan, Februari 2024



(Mhd. Fiqri Pratama)

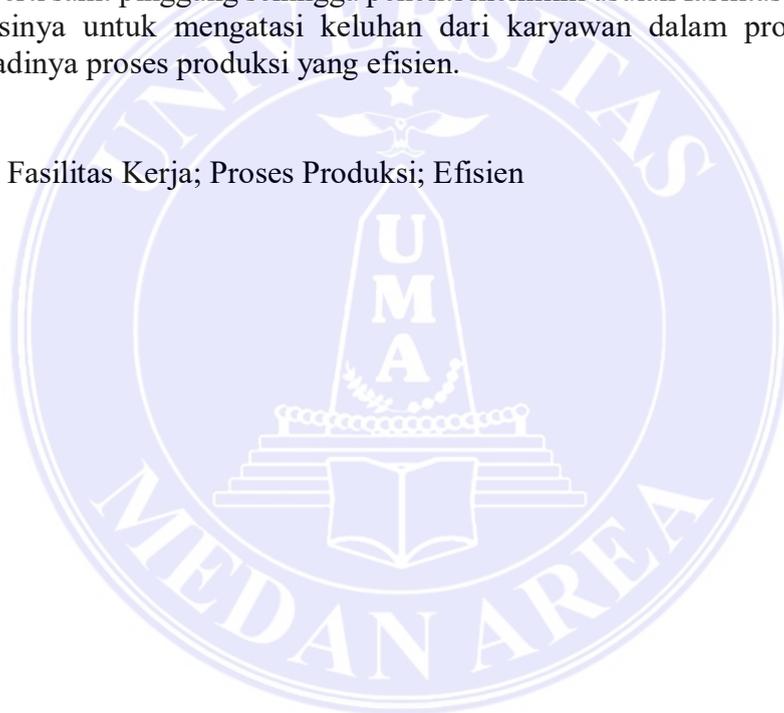
178150089

ABSTRAK

Muhammad Fiqri Pratama NPM 178150089. "Analisis Perancangan Fasilitas Kerja Baru Guna Mengefisiensi Waktu Produksi Dengan Metode Dfma Di Bengkel Agus Las". Dibimbing oleh Bapak Ir. Marali Banjarnahor, Msi, selaku Dosen Pembimbing I. Dan Ibu Healthy Aldriany Prasetyo, ST, MT, selaku Dosen Pembimbing II.

Tujuan dilakukan penelitian ini untuk memberikan usulan kerja terhadap pekerjaan proses pengelasan untuk meningkatkan efisiensi waktu dalam proses produksi. Metode yang digunakan adalah metode DFMA, suatu metode sistematis tentang pengukuran suatu produk yang di dukung oleh desain dan teknikal yang menghasilkan proses produksi yang ekonomis. Hasil dari penelitian ini adalah usulan alat bantu pengelasan yang dibuat untuk mempermudah karyawan dalam melakukan proses pengelasan. Penelitian ini menyimpulkan bahwa dalam suatu proses pengelasan terdapat beberapa keluhan dari karyawan seperti sakit pinggang sehingga peneliti memiliki usulan fasilitas kerja baru yang dimana fungsinya untuk mengatasi keluhan dari karyawan dalam proses pengelasan sehingga terjadinya proses produksi yang efisien.

Kata Kunci: Fasilitas Kerja; Proses Produksi; Efisien



ABSTRACT

Muhammad Fiqri Pratama NPM 178150089. "Analysis of New Work Facility Design to Efficiency Production Time with Dfma Method in Agus Welding Workshop". Supervised by Mr Ir. Marali Banjarnahor, Msi, as the first supervisor. And Mrs Healthy Aldriany Prasetyo, ST, MT, as Supervisor II.

The purposed of this research was to provide work proposals for welding process work to increase time efficiency in the production process. The method used was the DFMA method, a systematic method of measuring a product supported by design and engineering that results in an economical production process. The result of this research was a proposal for welding aids made to make it easier for employees to carry out the welding process. This study concluded that in a welding process there were several complaints from employees such as back pain so that researchers had proposed new work facilities which function to overcome complaints from employees in the welding process so that an efficient production process occurs.

Keywords: *Work Facilities; Production Process; Efficient*



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan diMEDAN pada tanggal 06 September 1999 dari ayah Agus Supriadi dan ibu Juwita. Penulis merupakan anak ke-1 dari 2 bersaudara.

Tahun 2017 Penulis lulus dari SMA BUDI SATRIYA MEDAN dan pada tahun 2017 terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Medan Area.

Pada bulan Oktober sampai November 2021 penulis melakukan kerja praktek di Bengkel Agus Las Tembung.



HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Fiqri Pratama
Npm : 17.815.0089
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

demikian pengemangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : "Analisis Perancangan Fasilitas Kerja Baru Guna Mengefisiensi Waktu Produksi Dengan Metode DFMA Di Bengkel Agus Las".

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Medan

Pada tanggal : 15 Mei 2024

Yang menyatakan,


55137ALX288328974
(M. Fiqri Pratama)

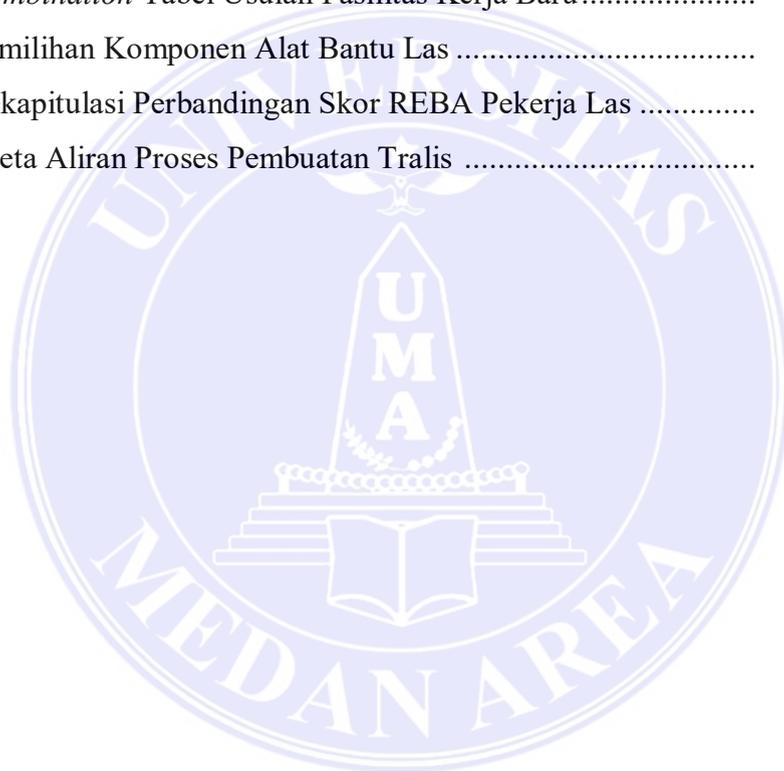
DAFTAR ISI

	Hal
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
1.6. Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORITIS.....	7
2.1. Definisi DFMA(<i>Design For Manufacture and assembling</i>).....	7
2.2. Definisi DFM (<i>Design For Manufacture</i>)	7
2.2.1 Parameter Penting Dalam DFM	8
2.3. <i>Design For Assembly</i> (DFA)	10
2.3.1. Parameter Penting Dalam DFA Secara Manual	14
2.4. Teknik Pengelasan	16
2.4.1. Proses Pengelasan	17
2.4.2. Perencanaan Konstruksi Pengelasan.....	18
2.4.3 Jenis Pengelasan	19
2.5. Ergonomi.....	24
2.6. Desain Dan Ergonomi	26
2.7. Desain Dan Pengembangan Produk	31
2.8. Penentuan Estimasi Biaya Perancangan	34
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1. Objek Penelitian	37
3.2. Jenis Sumber Data	37

3.3. Teknik Pengumpulan Data	37
3.4. Metode Analisis	38
3.5. Variabel Penelitian	39
3.6. Kerangka Berpikir	39
3.7. <i>Flowchart</i> Penelitian	40
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1. Hasil.....	42
4.1.1. Profil dan Bengkel Las.....	42
4.1.2. Data Operator	44
4.1.3. Elemen Kegiatan.....	44
4.1.4. Data <i>Standard Nordiq Questionairre</i> (SNQ)	48
4.1.5. Penilaian Postur Kerja.....	50
4.1.6. <i>Concept Generation</i>	52
4.1.7. <i>Combination Table</i>	55
4.1.8. Rancangan Perbaikan Fasilitas Kerja.....	56
4.2. Pembahasan.....	57
4.2.1. Analisa Kuesioner SNQ	57
4.2.2. Analisis Postur Kerja	58
4.2.3. Analisis Produktivitas Operator Aktual dan Usulan.....	59
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	66
5.1. Kesimpulan	66
5.2. Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 4.1. Data Diri Pekerja Bengkel Las Agus	44
Tabel 4.2. Peta Aliran Proses Pembuatan Tralis Di Bengkel Agus	47
Tabel 4.3. Tabel Kuesioner SNQ	49
Tabel 4.4. Rekapitulas Penilaian REBA.....	51
Tabel 4.5. <i>Concept Generation</i>	52
Tabel 4.6. Optimal Part	54
Tabel 4.7. <i>Combination</i> Tabel Usulan Fasilitas Kerja Baru.....	55
Tabel 4.8. Pemilihan Komponen Alat Bantu Las	56
Tabel 4.9. Rekapitulasi Perbandingan Skor REBA Pekerja Las	62
Tabel 4.10. Peta Aliran Proses Pembuatan Tralis	63



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 3.1. Kerangka Berpikir	39
Gambar 3.2. Flowchart Penelitian.....	41
Gambar 4.1. Kondisi Lingkungan Kerja	43
Gambar 4.2. Layout Bengkel Las Agus	43
Gambar 4.3. Pekerja Bengkel Las Agus.....	45
Gambar 4.4. Peta Proses Operasi Pembuatan Tralis	46
Gambar 4.5. Penilaian Postur Tubuh Pekerja Las	50
Gambar 4.6. Fasilitas Yang Dibuat Sultra Retnawan Satripto	53
Gambar 4.7. Usulan Rancangan Alat Bantu Las	57
Gambar 4.8. Usulan Rancangan Alat Bantu Kerja Tampak Samping	57
Gambar 4.9. Usulan Rancangan Alat Bantu Las	60
Gambar 4.10. Ilustrasi Perbaikan Postur Kerja Pengelasan	61

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Mesin las listrik merupakan salah satu mesin perkakas yang dimiliki oleh bengkel las. Las listrik adalah cara menyambung logam dengan jalan menggunakan nyala las listrik yang diarahkan ke permukaan logam yang disambung. Bagian yang terkena busur listrik tersebut mencair, demikian juga elektroda yang menghasilkan listrik mencair pada ujungnya dan merambat terus sampai habis. Logam cair dari elektroda dan dari sebagian benda yang disambung tercampur dan mengisi celah dari kedua logam yang disambung, kemudian membeku dan tersambung kedua logam ini (Wiryosumarto, Okomura, 1994).

Mesin las listrik mengalirkan arus listrik yang cukup besar tetapi dengan tegangan yang aman (kurang dari 45 volt). Busur listrik yang terjadi menimbulkan energi panas yang cukup tinggi sehingga mudah mencairkan logam yang terkena (Vural, 2007). Besarnya arus listrik diatur sesuai dengan keperluan dengan memperhatikan ukuran dan tipe elektrodanya. Sedangkan pada las listrik terjadi karena panas yang ditimbulkan oleh las listrik melalui benda kerja dan elektroda. Elektroda atau logam pengisi dipanaskan sampai mencair dan diendapkan pada sambungan sehingga terjadi sambungan las (Wiryosumarto, Okomura, 1994).

Berdasarkan observasi yang dilakukan di bengkel las AGUS, diperoleh

beberapa kondisi yang memperlihatkan mesin las listrik yang ada saat ini belum dilengkapi oleh fasilitas alat bantu. Mesin las listrik butuh sistem bantu yang meningkatkan kinerja dan kenyamanan operator mesin las dalam menyambung kampuh dua sisi benda tanpa harus membalik benda kerja tersebut.

Aktivitas pengelasan berlangsung dilakukan operator secara manual dan kurang memperhatikan faktor kenyamanan dalam posisi postur tubuh. Aktivitas pengelasan operator dilakukan dengan posisi postur tubuh jongkok hingga diperoleh sudut pada posisi postur tubuh jongkok sebesar 45° . Aktivitas tersebut menimbulkan keluhan rasa nyeri maupun resiko padabeberapa bagian anggota tubuh. Dalam mengetahui ketidaknyamanan yang dirasakan pada posisi postur tubuh jongkok, dilakukan pengukuran terhadap seberapa besar resiko yang terjadi dengan posisi postur tubuh jongkok tersebut. Berdasarkan hasil wawancara diketahui operator mengalami keluhan otot di beberapa bagian tubuhnya. Keluhan tersebut terjadi di bagian telapak kaki, pinggang, lutut, dan punggung saat melakukan persiapan untuk mengelas sampai proses pengelasan selesai. Hal ini dikarenakan fasilitas alat bantu yang ada terlalu rendah sejajar dengan lantai, sehingga mengharuskan operator membungkukkan badan.

Berdasarkan permasalahan pada proses pengelasan di bengkel las Mulyana, dilakukan langkah perubahan posisi postur tubuh pekerja yang awalnya dilakukan dengan posisi duduk menjadi posisi berdiri. Duduk lamadengan posisi yang salah menyebabkan otot-otot punggung menjadi tegang

dan dapat merusak jaringan lunak sekitarnya (Tarwaka,2004). Bila keadaan ini berlanjut, menyebabkan penekanan pada bantalan saraf tulang belakang yang mengakibatkan *hernia nukleus pulposus* (Tarwaka, 2004). Menurut Satalaksana (2000), bahwa sikap berdiri merupakan sikap siaga baik fisik maupun mental, sehingga aktivitas kerja yang dilakukan lebih cepat, kuat dan teliti.

Berdasarkan permasalahan, diperlukannya perancangan alat bantu las listrik berupa meja las dan komponen lainnya sebagai alat untuk membantu proses pengelasan dengan menerapkan metode DFMA ini dapat meningkatkan efisiensi waktu pengerjaan dan biaya karna dapat mengurangi biaya pemborosan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang dikemukakan di atas, maka diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana usulan perbaikan fasilitas kerja pada pekerjaan proses pengelasan pada Bengkel Las Agus?
2. Bagaimana keandalan dan efisiensi dari fasilitas kerja hasil usulan perbaikan fasilitas kerja pada pekerjaan proses pengelasan pada Bengkel Las Agus?

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini:

1. Perancangan ini dilakukan terhadap benda dengan ketebalan 3cm, panjang 34cm, dan berat bahan yang digunakan 0,565
2. Perancangan ini menitikbertakan pada perubahan posisi postur tubuh pekerja yang semula jongkok menjadi berdiri.

1.4. Tujuan Penelitian

Melalui penulisan skripsi ini, tujuan yang ingin dicapai penulis adalah:

1. Memberikan usulan perbaikan fasilitas kerja pada pekerjaan proses pengelasan pada Bengkel Las Agus
2. Mengetahui keandalan dan efisiensi dari fasilitas kerja hasil usulan perbaikan fasilitas kerja pada pekerjaan proses pengelasan pada Bengkel Las Agus.

1.5. Manfaat Penelitian

1. Bagi perusahaan

Sebagai bahan masukan dan pertimbangan bagi manajemen Bengkel Las apabila ingin menerapkan konsep sistem kerja baru pada kegiatan produksinya sehingga dapat mengeliminasi aktivitas-aktivitas yang tidakbernilai tambah.

2. Bagi penulis

Penulis memperoleh banyak manfaat diantaranya dapat menerapkan teori yang telah diperoleh dari perkuliahan ke dalam praktek yang

sesungguhnya, sehingga dapat menambah pengetahuan, pemahaman, dan memperluas wawasan.

3. Bagi Universitas

Penelitian ini diharapkan dapat menambah referensi di perpustakaan.

1.6. Sistematika Penulisan

Bab I Pendahuluan.

Dalam bab ini akan dibahas mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Landasan Teori.

Dalam bab ini menjelaskan tentang pengertian metode DFMA, Tujuan metode DFMA, metode DFM, metode DFA, pedoman DFA, pedoman DFM, Assembly efficiency, paramete penting DFM, parameter penting DFA, Desain dan ergonomi

Bab III Metode Penelitian.

Dalam bab ini akan dibahas mengenai jenis penelitian, tempat dan waktu penelitian, subyek dan obyek penelitian, teknik pengumpulan data, populasi dan sampel, teknik analisis data, temnik pengelasan, proses pengelasan, perencanaan konstruksi pengelasan, jenis pengelasan, ergonomi desain dan ergonomi.

Bab IV Gambaran Umum Perusahaan.

Bab ini berisi gambaran perusahaan, lokasi perusahaan, struktur organisasi perusahaan, personalia, produksi,

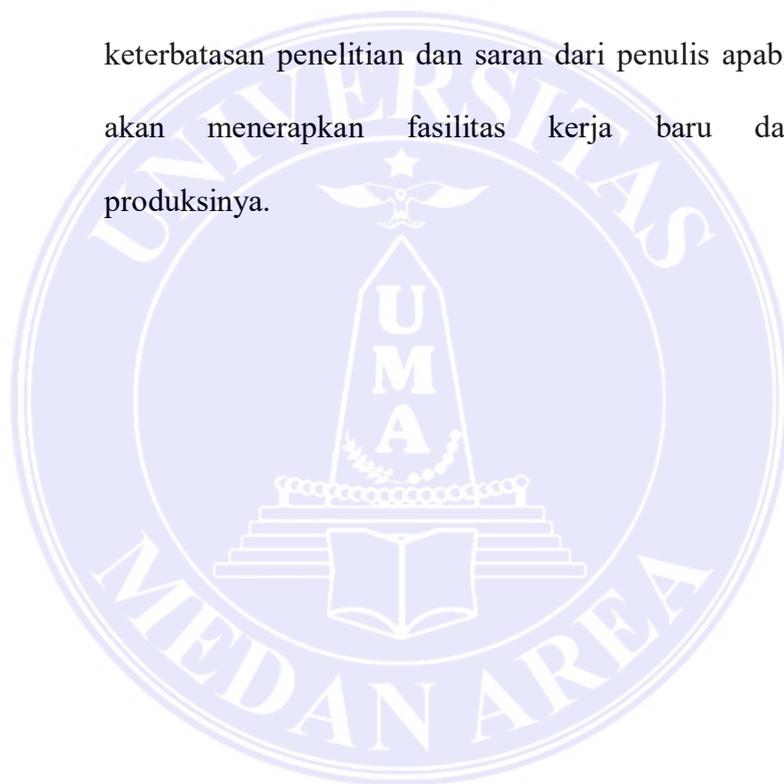
pemasaran produk, dan pemasaran produk perusahaan.

Bab V Analisis Data dan Pembahasan.

Dalam bab ini, penulis akan menganalisis kondisi nyata perusahaan dengan sistem kerja yang ada dengan fasilitas kerja baru.

Bab VI Penutup.

Bab ini berisi kesimpulan yang diambil berdasarkan hasil analisis, keterbatasan penelitian dan saran dari penulis apabila perusahaan akan menerapkan fasilitas kerja baru dalam kegiatan produksinya.



BAB II

LANDASAN TEORITIS

2.1. Definisi DFMA(Design For Manufacture and assembling).

DFMA(design For Manufacture and Assembling) adalah suatu metode sistematis tentang pengukuran suatu produk yang didukung oleh kombinasi desain dan teknikal yang menghasilkan proses produksi yang ekonomis. Dengan aplikasi DFMA akan didapatkan lead time yang lebih pendek dan meningkatkan viability (kelangsungan hidup) secara ekonomi dari produk.

DFMA adalah kombinasi dari DFM (Design For Manufacture) dan DFA (Design For Assembly). Dimana DFM adalah sebuah aktivitas pengembangan yang menekankan pada isu-isu manufaktur ke dalam proses desain, DFM merupakan suatu pendekatan komprehensif untuk memproduksi sesuatu dan mengintegrasikan proses desain dengan material, metode manufaktur, perencanaan proses, assembly, pengujian dan pertimbangan kualitas.

2.2. Definisi DFM (*Design For Manufacture*)

Design for manufacturing (DFM) adalah suatu praktek pengembangan produk yang menekankan pada hal-hal yang berhubungan dengan manufacturing. DFM dimulai selama tahap pengembangan konsep, sewaktu fungsi-fungsi dan spesifikasi produk ditetapkan. Ketika melakukan pemilihan

konsep, biaya merupakan kriteria dalam mengambil keputusan, walaupun perkiraan biaya masih subjektif. Selama tahap perancangan tingkat sistem, tim membuat keputusan mengenai bagaimana menguraikan produk menjadi komponen-komponen terpisah, berdasarkan biaya yang diharapkan dan implikasi kerumitan proses manufaktur. Pada tahap perancangan detail perkiraan biaya yang akurat dapat diperoleh. Secara ekonomis rancangan yang berhasil adalah tergantung dari jaminan kualitas produk yang tinggi serta biaya manufaktur yang minimum. Informasi yang diperlukan dalam DFM adalah: Sketsa, gambar, spesifikasi produk, alternatif rancangan, pemahaman detail tentang proses produksi dan perakitan, serta perkiraan biaya manufaktur, volume produksi dan waktu peluncuran produk.

2.2.1. Parameter penting dalam DFM

DFM pada suatu desain produk bertujuan untuk mempermudah proses manufaktur sejak dari tahap awal desain. Parameter penting dalam proses sand casting dengan focus pada cavity dan core, terbagi ke dalam:

1. Shape

Secara umum, setiap jenis proses memiliki kemampuan berbeda untuk membuat suatu produk, yang diukur dari kemampuan apakah dapat membuat atribut berikut ini dengan mudah:

- a. *Depress (Depress)*, bentuk hole bertingkat atau grooves pada permukaan.

Apakah langsung dilakukan oleh satu aktivitas atau diperlukan beberapa aktivitas,

- b. *Uniform wall (UniWall)*, membuat ketebalan dinding yang seragam,
- c. *Uniform cross section(UniSect)*, k membuat komponen dengan cross section normal dengan bentuk-bentuk dasar seperti kotak, lingkaran, dan tidak termasuk draft,
- d. *Axis of rotation(AxisRot)*, membuat komponen yang dapat langsung dihasilkan dari rotasi satu sumbu saja, atau dengan kata lain solid, *Regular cross section(RegXSec)*, membuat komponen bentuk khusus seperti hexagonal atau shaft yang berkelok, atau shaft berkelok dengan kepala berbentuk hexagonal.
- e. *Captured cavity(CaptCav)*, membentuk beberapa cavity dengan permukaan bertingkat (contoh, bentuk botol),
- f. *Enclosed (Enclosed)*, membuat komponen yang keseluruhannya berongga/kulit atau benar-benar tertutup.
- g. *Draft-free surfaces(NoDraft)*, membuat produk dengan *cross section* secara konstan searah dengan pergerakan tool. Kecuali ada toleransi untuk draft.

Proses sand casting diklasifikasikan sebagai proses yang dapat memproduksi hampir keseluruhan bentuk DFM kecuali *NoDraft* dan *Enclosed*(bentuk hanya kulit saja). Sedangkan untuk proses machining hampir keseluruhan dapat dilakukan kecuali *Enclosed*(bentuk hanya kulit saja).

2. Cavity

Parameter penting dalam cavity adalah jumlah cavity, lebar produk, panjang produk, kedalaman produk, clearance antar cavity di pattern, casting scrap rate (persentase terkikisnya permukaan produk setelah proses sand casting), machining allowances, jumlah mesin, jumlah sumber daya manusia, jumlah line produksi, dan posisi parting line.

3. Cores

Parameter penting dalam pembuatan cores sehubungan dengan proses sand casting adalah massa jenis pasir yang digunakan, volume core, jumlah core, keberadaan core print, core scrap rate (persentase terkikisnya cores ketika proses sand casting).

Penambahan cores otomatis berarti penambahan biaya karena cores dibuat dengan proses terpisah dari pattern dan diperlukan sumber daya tambahan untuk memasukkan cores ke dalam mold untuk membentuk cavity.

2.3. *Design for Assembly(DFA).*

DFA adalah salah satu sistem perencanaan *assembling* yang akan menganalisa desain komponen maupun produk secara keseluruhan, yang mulai dari awal proses desain, sehingga kesulitan-kesulitan perakitan dapat diatasi sebelum komponen di produksi. Sistem ini bertujuan untuk mempermudah proses perakitan sehingga waktu dan biaya perakitan (*assembling cost*) dapat diturunkan. Dapat dikatakan bahwa DFA adalah sebagai proses pengembangan desain produk untuk mempermudah dan

mempermurah biaya perakitan, tapi tetap fokus pada fungsi dan keselamatan (Yusri, 2008). Menurut Dieter dan Schmidt (2013), terdapat beberapa langkah atau pedoman dalam melakukan DFA yaitu:

1. Minimalkan total jumlah *part*

Periksa daftar komponen dalam perakitan dan identifikasi *part* yang penting dalam penyusunan suatu produk. Kriteria untuk menentukan *part* penting dalam perakitan:

- a. *Part* bergerak relatif terhadap part lain yang dinyatakan penting.
- b. *Part* harus berbeda bahan dari *part* lainnya.
- c. Tidak memungkinkan untuk merakit dan membongkar *part* lain kecuali jika
- d. *Part* ini terpisah (koneksi penting antar *part*).
- e. Pemeliharaan produk memerlukan pembongkaran dan penggantian komponen.
- f. *Part* yang hanya digunakan sebagai *fastener* dan menghubungkan *part* lain adalah kandidat utama untuk dieliminasi.

DFA adalah salah satu sistem perencanaan *assembly* yang akan menganalisa desain komponen maupun produk secara keseluruhan, yang mulai dari awal proses desain, sehingga kesulitan-kesulitan perakitan dapat diatasi sebelum komponen di produksi. Sistem ini bertujuan untuk mempermudah proses perakitan sehingga waktu dan biaya perakitan (*assembly cost*) dapat diturunkan. Dapat dikatakan bahwa DFA adalah sebagai proses pengembangan desain produk untuk

mempermudah dan mempermurah biaya perakitan, tapi tetap fokus pada fungsi dan keselamatan (Yusri, 2008). Menurut Dieter dan Schmidt (2013), terdapat beberapa langkah atau pedoman dalam melakukan DFA yaitu:

2. Minimalkan total jumlah *part*

Periksa daftar komponen dalam perakitan dan identifikasi *part* yang penting dalam penyusunan suatu produk. Kriteria untuk menentukan *part* penting dalam perakitan:

- a. *Part* bergerak relatif terhadap *part* lain yang dinyatakan penting.
- b. *Part* harus berbeda bahan dari *part* lainnya.
- c. Tidak memungkinkan untuk merakit dan membongkar *part* lain kecuali jika
- d. *Part* ini terpisah (koneksi penting antar *part*).
- e. Pemeliharaan produk memerlukan pembongkaran dan penggantian komponen.
- f. *Part* yang hanya digunakan sebagai *fastener* dan menghubungkan *part* lain adalah kandidat utama untuk dieliminasi.

3. Minimalkan *assembly surfaces*

Menyederhanakan desain sehingga lebih sedikit *surface* yang perlu disiapkan saat perakitan dan semua pekerjaan dalam satu *surface* dapat diselesaikan sebelum pindah ke bagian yang berikutnya

4. Memeriksa kesalahan desain dan *assembly*

Tujuan penting dalam DFA adalah untuk memastikan bahwa proses perakitan tidak ambigu sehingga operator tidak membuat kesalahan saat merakit komponen. Komponen harus dirancang sedemikian rupa agar hanya dapat dirakit satu arah. Cara untuk mengarahkan dan menempatkan setiap komponen harus jelas.

5. Hindari penggunaan baut

Penggunaan menggunakan baut dapat berjumlah hanya 5 persen dari biaya material suatu produk, namun tenaga kerja yang dibutuhkan untuk menangani perakitan dengan menggunakan baut dapat mencapai 75 persen dari biaya perakitan. Penggunaan sekrup dalam perakitan mahal, oleh karena itu *snap fit* harus digunakan jika keadaan memungkinkan. Biaya yang terkait dengan *fastener* dapat diminimalkan dengan melakukan standarisasi pada beberapa jenis ukuran baut.

6. Minimalkan *handling* pada saat perakitan

Part harus dirancang untuk membuat posisi perakitan menjadi jelas dan mudah dicapai. Pengarahkan *part* pada saat perakitan dapat dibantu oleh fitur desain yang dapat memandu *part* untuk ditempatkan pada posisi yang tepat.

7. Minimalkan arah *assembly*

Semua produk harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat dirakit dari satu arah. Rotasi rakitan memerlukan waktu dan gerakan ekstra. Situasi terbaik dalam perakitan adalah ketika *part* dirakit secara *top-down* untuk membuat tumpukan pada sumbu z.

8. Membuat akses tanpa hambatan atau penghalang

Part tidak hanya dirancang agar sesuai dengan lokasi perakitan, tetapi harus ada jalur perakitan yang memadai untuk *part* yang akan ditempatkan pada lokasinya. Hal ini juga termasuk ruang untuk lengan dan alat operator. Jika seorang pekerja harus melalui liuk untuk melakukan operasi perakitan, maka produktivitas dan kualitas produk mungkin akan berkurang setelah beberapa jam kerja.

9. Maksimalkan pemenuhan fungsi dalam perakitan

Memaksimalkan pemenuhan fungsi dalam perakitan dapat dilakukan dengan merancang salah satu komponen produk sebagai bagian dasar *part* lain pada proses perakitan. Hal ini mungkin memerlukan desain yang tidak berhubungan dengan fungsi produk.

Sub-assembly dapat memberikan penghematan dalam jumlah besar karena dapat mengurangi *interface* pada saat akhir perakitan. *Sub-assembly* membutuhkan *part* yang sudah terhubung yang dapat dirakit dengan mudah dengan komponen-komponen rakitan lainnya. *Sub-assembly* dapat dirakit dan diuji di tempat lain dan dibawa ke area perakitan akhir. Produk yang dibuat dari *sub-assembly* lebih mudah untuk diperbaiki dengan mengganti *sub-assembly* yang rusak.

2.3.1. Parameter Penting dalam DFA Secara Manual

Proses perakitan manual terbagi menjadi 2(dua) bagian yaitu:

1. Handling (memegang, orientasi dan memindahkan komponen)

Untuk dapat memfasilitasi proses perakitan manual nantinya maka pada desain suatu produk atau komponen harus mempertimbangkan kemudahan dan kesulitan dalam handling, dengan mengevaluasi beberapa parameter berikut, yang terdapat pada desain produk:

- a. Simetrisitas produk
 - b. Sudut antara sumbu produk yang tegak lurus dengan sumbu referensi proses perakitan (Alpha)
 - c. Sudut antara sumbu produk yang sejajar dengan sumbu referensi proses perakitan (Beta)
 - d. Ukuran dari produk (ketebalan, lebar, berat)
2. Insertion dan Fastening (penyatuan sebuah atau sekumpulan komponen)

Setelah tahap handling dilakukan tahapan insertion dan fastening dalam proses perakitan, yaitu usaha menyatukan produk dengan komponen/produk yang lainnya, dengan memperhatikan keberadaan beberapa parameter berikut ini:

- a. Holding down, yaitu diperlukannya usaha tambahan berupa: alat pemegang tambahan, mensejajarkan kembali sumbu produk dengan sumbu referensi, atau jeda waktu sebelum disatukan secara permanen dengan komponen lain. Suatu perakitan dikatakan clearance antar suatu komponen dengan komponen lainnya terlalu kecil dengan melihat perbandingan diameter atau panjang antar dua komponen yang akan dirakit.
- b. Easy to align and position, yaitu adanya guide sewaktu proses

perakitan seperti chamfer atau bentuk sejenis lainnya.

- c. Obstructed access, yaitu adanya luas bagian yang terlalu sempit atau kecil dari produk yang menyebabkan perlunya tambahan waktu untuk merakit.
- d. Restricted vision, yaitu adanya kesulitan dalam melihat perakitan antar komponen sehingga operator hanya mengandalkan panca indera saja.

2.4. Teknik Pengelasan

Posisi pengelasan atau sikap pengelasan adalah pengaturan posisi dangerakan arah dari pada elektroda sewaktu mengelas. Menurut Fadli (2008), posisi mengelas terdiri dari empat macam, yaitu:

1. Posisi di bawah tangan.

Posisi di bawah tangan yaitu cara pengelasan yang dilakukan pada permukaan rata atau datar dan dilakukan dibawah tangan. Kemiringan elektroda las sekitar 10° - 20° terhadap garis vertikal dan 70° - 80° terhadap benda kerja.

2. Posisi tegak (vertikal).

Mengelas posisi tegak adalah apabila dilakukan arah pengelasannya ke atas atau ke bawah. Pengelasan ini termasuk pengelasan yang paling sulit karena bahan cair yang mengalir atau menumpuk diarah bawah diperkecil dengan kemiringan elektroda sekitar 10° - 15° terhadap garis vertikal dan 70° - 85° terhadap benda kerja.

3. Posisi datar (horisontal).

Mengelas dengan horisontal disebut juga mengelas merata dimana kedudukan benda kerja dibuat tegak dan arah elektroda mengikuti horisontal. Sewaktu mengelas elektroda dibuat miring sekitar 5° - 10° terhadap garis vertikal dan 70° - 80° kearah benda kerja.

4. Posisi di atas kepala (*over head*).

Posisi pengelasan ini sangat sukar dan berbahaya karena bahan cair banyak berjatuhan dan mengenai juru las. Oleh karena itu dibutuhkan perlengkapan yang lengkap, meliputi baju las, sarung tangan, dan sepatukulit. Mengelas dengan posisi ini benda kerja terletak pada bagian atas juru las dan kedudukan elektroda sekitar 5° - 20° terhadap garis vertikal dan 75° - 85° terhadap benda kerja.

2.4.1. Proses Pengelasan

Pengelasan adalah suatu proses dimana bahan dengan jenis yang sama digabungkan menjadi satu sehingga terbentuk sambungan melalui ikatan kimia dari pemakaian panas dan tekanan. Fungsi dan tujuan dari pengelasan yaitu menyambung dua logam atau lebih menjadi suatu komponen yang utuh. Pada tahap-tahap permulaan dari pengembangan teknologi las, pengelasan digunakan pada sambungan-sambungan dan reparasi-reparasi yang kurang penting. Tetapi seiring perkembangan jaman, maka proses pengelasan dan penggunaan konstruksi las merupakan hal yang umum di semua negara di dunia (Suratman, 2008).

Proses pengelasan bengkel las Mulyana bersifat sama dengan proses pengelasan di bengkel lainnya. Adapun proses pengelasan, sebagai berikut:

1. Menentukan besarnya arus listrik yang sesuai dari ukuran elektroda dan jenis serta tebal dari benda kerja. Besar arus dan tegangan listrik yang digunakan dalam pengelasan diatur sesuai kebutuhan. Daya yang dibutuhkan untuk pengelasan tergantung dari besarnya arus dan tegangan listrik yang digunakan. Tidak ada aturan pasti besar tegangan listrik pada mesin las yang digunakan.
2. Menyalakan busur dengan cara menggoreskan elektroda pada benda kerja untuk pesawat AC dan menyentuh-nyentuhkan elektroda dari atas ke bawah pada benda kerja untuk pesawat DC.

2.4.2. Perencanaan Konstruksi Pengelasan

Secara umum jenis-jenis sambungan las pada konstruksi pengelasan (Wiryosumarto, 1994), yaitu:

1. Sambungan las dasar.

Sambungan las dasar dalam konstruksi baja pada dasarnya dibagi dalam sambungan tumpul, sambungan T, sambungan sudut, dan sambungan tumpang. Sebagai perkembangan sambungan dasar, terdapat sambungan silang, sambungan dengan penguat, dan sambungan sisi.

2. Sambungan sudut.

Sambungan ini terjadi penyusutan dalam arah tebal pelat yang menyebabkan terjadinya retak lamel. Hal ini dihindari dengan membuat

alur pada pelat tegak seperti yang terlihat pada gambar, bila pengelasan dalam tidak dapat dilakukan.

3. Sambungan sisi.

Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung. Untuk jenis yang pertama pada platnya dibuat alur, sedangkan pada jenis yang kedua pengelasan dilakukan pada ujung plattanpa ada alur. Jenis yang kedua ini biasanya hasilnya kurang memuaskan kecuali bila pengelasannya dilakukan dalam posisi datardengan aliran listrik yang tinggi. Karena hal ini dipakai untuk pengelasan tambahan atau sementara pada pengelasan pelat-pelat yang tebal.

4. Sambungan dengan plat penguat.

Sambungan ini dibagi dua jenis, yaitu sambungan dengan plat penguat tunggal dan dengan penguat ganda. Dengan alasan yang sama dengan sambungan tumpang, maka sambungan ini pun jarang digunakan untuk penyambungan konstruksi utama.

2.4.3. Jenis Pengelasan

Berdasarkan pelaksanaannya, proses pengelasan dibagi menjadi 12 macam. Menurut (Wiryosumarto, Okomura, 1994), jenis pengelasan tersebut, sebagai berikut:

1. Pengelasan patri.

Merupakan proses penyambungan logam yang memanfaatkan logam penyambung lainnya dalam keadaan cair yang kemudian membeku.

Proses ini digunakan secara meluas dan diterapkan untuk menyambung bagian-bagian yang kecil dan komponen listrik. Pengelasan patri serupa patrian, di sini distribusi logam pengisi tidak dikendalikan oleh gaya kapiler. Pada proses ini logam pengisi dicairkan dan diletakkan di tempat sambungan las.

2. Pengelasan tempa.

Merupakan proses penyambungan tertua yang dikenal manusia. Secara singkat, proses terdiri dari pemanasan logam yang kemudian ditempa, (tekan) sehingga terjadi penyambungan logam. Pengelasan tempadengan tangan dilakukan untuk benda yang kecil. Sebelum disambung, kedua ujung dibentuk terlebih dahulu, sedemikian sehingga bial disambungkan, keduanya akan bersambung di tengah-tengah terlebih dahulu. Penempaan kemudian dilakukan mulai dari tengah menuju ke sisi, dengan demikian oksida atau kotoran lainnya tertekan keluar. Proses ini dinamakan *scarfing*.

Jenis logam yang banyak digunakan dalam pengelasan tempa adalah baja karbon rendah dan besi tempa karena memiliki daerah suhu pengelasan yang besar.

3. Pengelasan gas.

Kelompok ini mencakup semua proses pengelasan yang digunakan campuran gas sebagai sumber panas. Nyala gas yang lazim digunakan adalah gas alam, asetilen dan *hydrogen* dicampur dengan oksigen. Pengelasan oksihidrogen merupakan proses gas pertama yang digunakan

secara komersil. Suhu maksimum yang dapat dicapai adalah 1980 C. Hidrōgen dihasilkan oleh proses elektrolisa air atau dengan mengalirkanuap di atas kokas. Campuran gas yang banyak digunakan adalah oksiasetilen dengan suhu.

4. Pengelasan tahanan atau resistansi listrik.

Proses penyambungan lembaran logam tipis. Peralatan cocok untuk satu jenis sambungan las. Pada proses ini sambungan mengalami tekanan selama proses pemanasan yang diatur dengan cermat dan prosesnya sendiri berlangsung dengan cepat. Pada pengelasan ini ada tiga faktor yang perlu diperhatikan, yaitu arus pengelasan, tahanan listrik antara elektroda yang digunakan, dan waktu. Proses pengelasan resistansi listrik dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

a. Las titik.

Las titik adalah pengelasan menggunakan metode resistansi listrik, dimana pelat lembaran dijepit dengan dua elektroda. Pada saat arus dialirkan maka terjadi sambungan las pada posisi jepitan. Siklus pengelasan titik dimulai pada saat elektroda menekan plat dimana arus belum dialirkan.

b. Las proyeksi.

Pengelasan ini mirip dengan pengelasan titik, hanya bagian yang dilas dibuat proyeksi atau tonjolan terlebih dahulu. Ukuran tonjolan mempunyai diameter yang sama dengan tebal pelat yang dilas dengan tinggi tonjolan lebih kurang 60% dari tebal pelat. Hasil

pengelasan biasanya mempunyai kualitas yang lebih baik dari pengelasan titik.

c. Las kampuh (*seam weld*).

Las kampuh merupakan proses las untuk menghasilkan las-an yang kontinyu pada pelat logam yang ditumpuk. Sambungan terjadi oleh panas yang ditimbulkan oleh tahanan listrik. Arus mengalir melalui elektroda ke pelat sama seperti pengelasan titik.

5. Pengelasan induksi.

Sambungan las pada alas induksi disebabkan oleh panas yang ditimbulkan oleh arus induksi dalam logam. Kumparan induksi sendiri tidak menyentuh logam. Kadang-kadang diperlukan tekanan untuk membentuk sambungan. Arus induksi yang tinggi timbul dalam kedua ujung benda yang disambung. Frekuensi yang digunakan berkisar antara 200.000-500.000 Hertz untuk tujuan khusus, untuk berbagai pekerjaan las frekuensi 400-500 Hertz cukup memadai.

6. Pengelasan busur.

Pada las busur sambungan terjadi oleh panas yang ditimbulkan oleh busur listrik yang terjadi antara benda dan elektroda. Elektroda atau logam pengisi dipanaskan sampai mencair dan diendapkan pada sambungan sehingga terjadi sambungan las. Mula-mula terjadi kontak antara elektroda dan benda kerja sehingga terjadi aliran arus, kemudian memisahkan penghantar timbullah busur. Energi listrik diubah menjadi energi panas dalam busur, dan suhu dapat mencapai 5500C.

7. Pengelasan laser.

Karena intensitas panas yang tinggi, laser dapat digunakan mengelas. Karena energi dipindahkan dalam bentuk cahaya, laser digunakan dalam berbagai media transparan tanpa mengenai benda kerja. Pada pengelasan energi diteruskan dalam bentuk pulsa dan tidak sebagai berkas kontinu. Berkas terpusat pada benda kerja yang dilas dan panas dengan intensitas tinggi menghasilkan peleburan.

8. Pengelasan gesekan.

Pada pengelasan gesek, penyambungan terjadi oleh panas yang ditimbulkan oleh gesekan akibat perputaran logam satu terhadap lainnya di bawah pengaruh tekanan aksial. Kedua permukaan yang bersinggungan menjadi panas mendekati titik cair dan bahan yang berdekatan dengan permukaan menjadi plastis. Pergerakan relatif antara kedua logam dihentikan dan logam ditekan dalam arah aksial dan terjadilah sambungan lantak.

9. Pengelasan termit.

Merupakan satu-satunya proses pengelasan yang menggunakan reaksi kimia eksotermis sebagai sumber panas. Aluminium mempunyai afinitas yang besar terhadap oksigen dan digunakan dalam pengelasan ini. Termit terdiri dari campuran serbuk aluminium dan oksida besi dengan perbandingan berat 1:3. Oksida besi berasal dari kerak mesin giling. Campuran ini tidak eksplosif dan baru menyala pada suhu 1500 C. Diperlukan serbuk khusus untuk penyalanya reaksi. Reaksi kimia

berlangsung selama 30 detik dan dapat mencapai suhu sekitar 2500°C.

10. Pengelasan tuang.

Merupakan proses pengelasan dimana sambungan terjadi oleh panas yang berasal dari logam pengisi cair yang dituangkan ke permukaan logam yang akan disambung. Mula-mula daerah las dibersihkan dan dipanaskan. Logam pengisi cair dituangkan di antara ujung benda kerja sampai mencair. Pada saat itu, penuangan logam pengisi dihentikan dan sambungan didinginkan perlahan-lahan.

11. Pengelasan dingin.

Merupakan cara penyambungan logam pada suhu ruang di bawah pengaruh tekanan. Akibat tekanan, permukaan benda kerja mengalami aliran dan menghasilkan sambungan las. Sambungan ini adalah ikatan padat tanpa pengaruh panas.

12. Pengelasan ledakan.

Merupakan proses las dimana dua permukaan logam dijadikan satu di bawah pengaruh impact dan tekanan. Tekanan tinggi berasal dari ledakan yang ditempatkan dekat logam.

2.5. Ergonomi

Ergonomi berasal dari bahasa Latin yaitu *ERGON* (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/perancangan (Nurmianto,2004). Disiplin ergonomi secara khusus mempelajari keterbatasan dan kemampuan manusia dalam berinteraksi dengan teknologi dan produk-produk buaatannya. Disiplin 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 perangkatkeras atau *hardware* (mesin, peralatan kerja) dan atau perangkat lunak atau *software*, (Wignjosoebroto, 1995). Tujuan dari penerapan ergonomi (Tarwaka, 2004), sebagai berikut:

1. Meningkatkan kesejahteraan fisik dan mental melalui upaya pencegahan cedera dan penyakit akibat kerja, menurunkan beban kerja fisik dan mental, mengupayakan promosi dan kepuasan kerja.
2. Meningkatkan kesejahteraan sosial melalui peningkatan kualitas kontak sosial, mengelola dan mengkoordin jaminan sosial baik selama kurun waktu usia produktif maupun setelah tidak produktif.
3. Menciptakan keseimbangan rasional antara berbagai aspek yaitu aspek teknis, ekonomis, anthropologis dan budaya dari setiap sistem kerja yang dilakukan sehingga tercipta kualitas kerja dan kualitas hidup yang tinggi

Suatu pengertian yang lebih komprehensif tentang ergonomi pada pusat perhatian ergonomi adalah terletak pada manusia dalam rancangan desain kerja ataupun perancangan alat kerja. Berbagai fasilitas dan lingkungan yang dipakai manusia dalam berbagai aspek kehidupannya.

Tujuannya adalah merancang benda-benda fasilitas dan lingkungan tersebut, sehingga efektivitas fungsionalnya meningkat dan segi-segi kemanusiaan seperti kesehatan, keamanan, dan kepuasan dapat terpelihara. Terlihat disini bahwa ergonomi memiliki 2 aspek yaitu efektivitas sistem manusia didalamnya dan sifat memperlakukan manusia secara manusia. Mencapai tujuan ini, pendekatan ergonomi merupakan penerapan pengetahuan- pengetahuan terpilih tentang manusia secara sistematis dalam perancangan sisten-sistem manusia benda, manusia-fasilitas dan manusia lingkungan. Perkataan ergonomi adalah suatu ilmu yang mempelajari manusia dalam berinterksi dengan obyek-obyek fisik dalam berbagai kegiatan sehari-hari (Madyana, 1996).

Penerapan faktor ergonomi lainnya yang tidak kalah pentingnya adalah desain dan evaluasi produk. Produk ini haruslah dapat dengan mudah diterapkan (dimengerti dan digunakan) pada sejumlah populasi masyarakat tertentu tanpa mengakibatkan bahaya atau resiko dalam penggunaannya (Nurmianto, 2004).

2.6. Desain Dan Ergonomi

Manusia dalam kehidupan sehari-harinya banyak menggunakan berbagai macam produk, mesin maupun peralatan kerja untuk memenuhi kebutuhannya. manusia merupakan komponen yang penting untuk setiap sistem operasional (sistem manusia-mesin) yang berfungsi untuk menghasilkan sebuah aktivitas kerja. Agar sistem tersebut dapat berfungsi

baik, maka sub-sistem (komponen- komponen) pendukungnya haruslah dirancang “compatible” satu dengan yang lain. Hal ini tidak saja menyangkut (elemen) yang berada di dalam sub-sistem mesin, tetapi juga menyangkut manusia yang berinteraksi dengan sub- sistem mesin tersebut untuk membentuk sebuah sistem manusia-mesin (*man- machine system*). Oleh karena itu sangat mendasar sekali kalau seorang perancang mesin (produk) selalu mempertimbangkan manusia sebagai sub-sistem yang perlu diselaraskan dengan sub-sistem mesin (produk) yang layak dioperasikan nantinya. Berkaitan dengan hal tersebut sudah semestinya seorang perancangmesin (produk) memperhatikan segala kelebihan maupun keterbatasan manusia dalam hal kepekaan inderawi (*sensory*), kecepatan dan ketepatan dalam proses pengambilan keputusan, kemampuan penggunaan sistem gerakan otot, dimensi ukuran tubuh Kemudian mengenai faktor manusia (*human factors*) ini sebagai acuan dalam menghasilkan rancangan mesin atau produk yang serasi, selaras dan seimbang dengan manusia yang mengoperasikannya (Wignjosoebroto, 2000).

Seorang perancang mesin (produk) memperhatikan segala kelebihan maupun keterbatasan manusia dalam hal kepekaan inderawi (*sensory*), kecepatan dan ketepatan dalam proses pengambilan keputusan, kemampuan penggunaan sistem gerakan otot, dimensi ukuran tubuh (*anthropometri*). Perancang produk harus dapat mengintegrasikan semua aspek manusiawi tersebut dalam karya rancangannya dalam sebuah konsep “*Human Integrated Design*” (Wignjosoebroto, 2000).

Desain diartikan sebagai salah satu aktivitas luas dari inovasi desain dan teknologi yang digagaskan, dibuat, dipertukarkan (melalui transaksi jual- beli) dan fungsional. Desain merupakan hasil kreativitas budi-daya (*man- made object*) manusia yang diwujudkan memenuhi kebutuhan manusia yang memerlukan perencanaan, perancangan maupun pengembangan desain mulai dari tahap menggali ide atau gagasan, dilanjutkan dengan tahapan pengembangan, konsep perancangan, sistem dan detail, pembuatan prototipe dan proses produksi, evaluasi, dan berakhir dengan tahap pendistribusian. Jadi disimpulkan desain berkaitan dengan pengembangan ide dan gagasan, pengembangan teknik, proses produksi serta peningkatan pasar (Wardani, 2003).

Secara umum aplikasi konsep *Human Integrated Design* (HID) dijelaskan berdasarkan 2 (dua) prinsip, yaitu seorang perancang produk harus menyadari benar bahwa faktor manusia menjadi kunci penentu sukses didalam operasionalisasi sistem manusia-mesin (produk), tidak peduli apakah system tersebut bersifat manual, mekanis(*semi-automatic*) atau otomatis penuh. Kemudian perancang produk harus menyadari bahwa setiap produk memerlukan informasi detail dari semua faktor yang terkait dalam setiap proses perancangan (Wignjosoebroto, 2000).

Penerapan ergonomi dalam desain system harus membuat system kerja lebih baik dengan menghilangkan aspek system yang berfungsi *undesireable* dan tidak terkendali seperti inefisiensi, kelelahan, kecelakaan, cedera dan kesalahan kesulitan pengguna dan tidak ramah lingkungan(Brigger,2003).

Desain ergonomi atau teknik faktor manusia adalah sebuah aplikasi informasi ergonomi untuk mendesain alat, mesin, sistem, tugas, pekerjaan dan lingkungan untuk keamanan, kenyamanan dan keefektifan penggunaan oleh manusia. Aplikasi prinsip ergonomi dalam proses desain dicapai, hasilnya harus menarik dan dapat digunakan dengan baik. Mesin, perlengkapan, stasiun kerja, dan lingkungan kerja yang menggabungkan ergonomi dalam desain berperan dalam kualitas hidup, meningkatkan kesejahteraan dan performansi (De Mores, 1996).

Konsep ergonomi dijadikan sebagai kerangka dasar pengembangan desain produk sehingga hasil desain dan produknya memiliki nilai tambah yang meningkatkan manfaat (*tangible* dan *intangibile benefits*) yang dirasakan oleh konsumen serta sekaligus memenuhi harapan sehingga memberikan kepuasan bagi pemakainya (Syafei, 2007). Seorang desainer harus memahami pentingnya konsep ergonomi dalam pengembangan produk, terutama tahapan disain dimana konsep ergonomi yang dijadikan sebagai kerangka dasar dari segala kepentingan.

Pertimbangan ergonomi dalam proses perancangan produk yang paling tampak nyata aplikasinya melalui pemanfaatan data anthropometri (ukuran tubuh) guna menetapkan dimensi ukuran geometris dari produk dan bentuk tertentu dari produk yang disesuaikan dengan ukuran maupun bentuk (*feature*) tubuh manusia pemakainya. Data *anthropometri* yang menyajikan informasi mengenai ukuran maupun bentuk dari berbagai anggota tubuh

manusia yang dibedakan berdasarkan usia, jenis kelamin, suku bangsa (etnis), posisi tubuh pada saat bekerja yang diklasifikasikan dalam segmen pemakai (*precintle*) perlu produksi diakomodasikan dalam penetapan dimensi ukuran produk yang dirancang (Wignjosoebroto, 2000). Kajian atau evaluasi (pengujian) bahwa desain sudah memenuhi persyaratan ergonomi adalah mempertimbangkan factor manusia. Ada empat aturan sebagai dasar perancangan desain (Wardani, 2003), yaitu:

1. Memahami manusia merupakan fokus utama perancangan desain, sehingga hal-hal yang berhubungan dengan struktur anatomi (fisiologik) tubuh manusia harus diperhatikan, demikian juga dengan dimensi ukuran tubuh (*anthropometri*).
2. Menggunakan prinsip-prinsip kinesiologi dalam perancangan desain (studi mengenai gerakan tubuh manusia dilihat dari aspek biomekanik), tujuannya menghindarkan manusia melakukan gerakan kerja yang tidak sesuai, tidak beraturan dan tidak memenuhi persyaratan efektivitas efisiensi gerakan.
3. Pertimbangan mengenai kelebihan maupun kekurangan (keterbatasan) yang berkaitan dengan kemampuan fisik yang dimiliki oleh manusia di dalam memberikan respon sebagai kriteria yang perlu diperhatikan pengaruhnya dalam perancangan desain.
4. Mengaplikasikan semua pemahaman yang terkait dengan aspek psikologik manusia sebagai prinsip yang mampu memperbaiki motivasi, *attitude*, moral, kepuasan dan etos kerja.

2.7. Desain dan Pengembangan Produk

Merancang dan mengembangkan produk, perlu dipahami terlebih dahulu mengenai konsep dasarnya, yang meliputi perspektif pengembangan, tantangan yang dihadapi dalam mengembangkan produk, karakter pengembangan produk dan tipe-tipe proyek pengembangan produk, seperti dijelaskan dibawah ini.

1. Perspektif Perancangan dan Pengembangan Produk.

Produk merupakan sesuatu yang dijual oleh perusahaan kepada pembeli. Perancangan dan pengembangan produk merupakan serangkaian aktivitas yang dimulai dari analisa persepsi dan peluang pasar, kemudian diakhiri dengan tahap produksi, penjualan dan pengiriman produk (Ulrich, Eppinger, 2001). Berbagai industri telah melaksanakan pengembangan produk dengan efektif dan menyelaraskan berbagai faktor yang mempengaruhinya dengan sangat baik, seringkali dipengaruhi oleh pasar pelanggan yang berubah dengan cepat. Keberhasilan produk yang dikembangkan tergantung dari respon konsumen, produk hasil pengembangan dikatakan sukses bilamana mendapat respon positif dari konsumen yang diikuti dengan keinginan dan tindakan untuk membeli produk. Mengidentifikasi kebutuhan konsumen merupakan fase yang paling awal dalam mengembangkan produk, karena tahap ini menentukan arah pengembangan produk (Ulrich dan Eppinger, 2001).

2. Karakter Pengembangan Produk.

Karakter dalam mengembangkan produk terbagi menjadi lima tipe. Karakter ini disesuaikan kemampuan dan tujuan perusahaan (Ulrich dan Eppinger, 2001), yaitu:

a. Tipe *generic (market pull)*.

Tipe ini perusahaan mengawali dengan peluang pasar kemudian mendapatkan teknologi yang sesuai untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Contoh penerapan tipe ini yaitu pada barang-barang untuk keperluan olahraga, *furniture*, dan alat bantu kerja.

b. Tipe *technology push*.

Tipe ini perusahaan mengawali dengan suatu teknologi baru, kemudian mendapatkan pasar yang sesuai. Perbedaan dengan tipe *market pull* yaitu pada tahap perencanaan.

c. Produk *platform*.

Tipe ini perusahaan mengasumsikan bahwa produk baru dibuat berdasarkan sub-sistem teknologi yang telah ada. Peralatan elektronik, komputer dan printer, beberapa hal yang dikembangkan dengan karakter ini.

d. Process *intensive*.

Tipe ini karakteristik produk sangat dibatasi oleh proses produksi. Pada tipe ini proses dan produk harus dikembangkan bersama-sama dari awal atau proses produksi harus dispesifikasikan sejak awal.

Contoh *process intensive* adalah pengembangan makanan ringan, bahan kimia, semikonduktor.

e. *Costumized*.

Tipe ini produk baru memungkinkan sedikit variasi dari model yang telah ada. Tipe ini diterapkan pada pengembangan produk saklar, motor, baterai, produk lainnya (alat bantu las).

3. Definisi Prototipe.

Definisi prototipe hanya sebagai sebuah kata benda, dalam praktek pengembangan produk, kata tersebut digunakan sebagai kata benda, kata kerja, ataupun kata sifat. Definisi prototipe adalah “sebuah penaksiran produk melalui satu atau lebih dimensi yang menjadi perhatian” (Ulrich dan Eppinger, 2001).

Berdasarkan definisi ini, setiap wujud yang memperlihatkan sedikitnya satu aspek produk yang menarik bagi tim pengembangan produk dapat ditampilkan sebagai sebuah prototipe.

Prototipe diklasifikasikan menjadi dua dimensi. Dimensi pertama membagi prototipe menjadi dua yaitu prototipe fisik dan prototipe analitik. Prototipe fisik merupakan benda nyata yang dibuat untuk memperkirakan produk. Aspek-aspek dari produk yang diminati oleh tim pengembangan secara nyata dibuat menjadi suatu benda untuk pengujian dan percobaan. Prototipe analitik adalah lawan dari prototipe fisik yanghanya menampilkan produk yang tidak nyata, biasanya dalam bentuk matematis. Contoh prototipe analitik meliputi simulasi komputer, model

komputer, geometrik tiga dimensi atau dua dimensi, dan sistem persamaan penulisan pada kertas komputer.

Dimensi kedua mengklasifikasikan prototipe menjadi dua pula yaitu prototipe menyeluruh dan prototipe terfokus. Prototipe menyeluruh mengimplementasikan sebagian besar atau semua atribut dari produk. Prototipe menyeluruh adalah yang diberikan kepada pelanggan untuk mengidentifikasi dari desain sebelum memutuskan diproduksi. Berlawanan dengan prototipe menyeluruh, prototipe terfokus hanya mengimplementasikan satu atau sedikit sekali atribut produk. Perlu dicatat bahwa prototipe terfokus merupakan prototipe fisik maupun analitik, namun untuk produk fisik, prototipe menyeluruh biasanya merupakan prototipe fisik.

2.8. Penentuan Estimasi Biaya Rancangan

Pengertian biaya dalam arti luas adalah “Pengorbanan sumber ekonomi, diukur dalam satuan uang, yang telah terjadi atau kemungkinan terjadi untuk tujuan tertentu” (Mulyadi, 1991). Mempermudah pengklasifikasian jenis usaha maka digolongkan ke dalam empat jenis biaya (Mulyadi, 1991), yaitu:

1. Biaya penyusutan (*depreciation cost*).

Biaya penyusutan adalah biaya yang harus disediakan oleh perusahaan setiap periode untuk melakukan penggantian peralatan atau mesin, setelah mesin atau alat tersebut sudah tidak berdaya guna lagi.

Pengalokasian biaya penyusutan akibat adanya penurunan nilai dari mesin atau kendaraan yang digunakan sepanjang umur pakai bendamodal tersebut.

Tujuan mengadakan biaya penyusutan, adalah:

- a. Mengembalikan modal yang telah dimasukkan dalam bentuk benda modal.
- b. Memungkinkan biaya tersebut dimasukkan dalam biaya produksi sebelum perhitungan keuntungan ditetapkan

2. Biaya ketidakpastian.

Biaya ini merupakan biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan karena tidak berproduksi. Adanya perbaikan mesin yang memakan waktu dan jadwal rencana yang telah ditentukan sehingga perusahaan harus mengeluarkan biaya tambahan kepada tenaga kerja dan menanggung biaya tetap perusahaan selama mesin tersebut diperbaiki, bahan bakusecara mendadak.

3. Faktor inflasi.

Menilai profitabilitas suatu usulan investasi, maka faktor inflasi harus diperhatikan karena hal ini mempunyai pengaruh yang sangat kuat terhadap biaya dan harga, misalnya biaya bahan baku, tenaga kerja, bahan bakar, suku cadang.

4. Metode penilaian investasi.

Ada beberapa metode yang sering digunakan dalam penilaian investasidan evaluasi suatu proyek (Umar, 2003), yaitu:

- a. Metode *payback period*.

Metode *payback period* adalah suatu periode yang diperlukan untuk menutup kembali pengeluaran investasi dengan menggunakan aliran kas, dengan kata lain *payback period* merupakan rasio antara *initial cash investment* dengan *cash inflow*-nya yang hasilnya merupakan satuan waktu (yaitu tahun atau bulan). Selanjutnya nilai rasio ini dibandingkan dengan maximum *payback period* yang dapat diterima.

b. Metode *break even point* (BEP).

c. *Break Even Point* atau titik impas atau titik pulang pokok merupakan titik atau keadaan dimana perusahaan di dalam operasinya tidak memperoleh keuntungan dan tidak menderita kerugian. Teknis analisis ini untuk mempelajari hubungan antara biaya tetap, biaya variabel, dan laba dan juga mempelajari pola hubungan antara volume penjualan, *cost*, dan tingkat keuntungan yang diperoleh pada tingkat penjualan tertentu.

Analisis metode ini, dapat membantu pengambil keputusan mengenai (Rangkuti, 2000), yaitu:

1. Jumlah penjualan minimal yang harus dipertahankan agar perusahaan tidak mengalami kerugian.
2. Jumlah penjualan yang tertentu untuk memperoleh keuntungan\
3. Seberapa jauhkah berkurangnya penjualan agar perusahaan tidak menderita kerugian.
4. Bagaimana efek perubahan harga jual, biaya, dan volume penjualan terhadap keuntungan yang akan diperoleh.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Objek Penelitian

Lokasi penelitian dilaksanakan di Bengkel Las di jalan Medan Batang Kuis gang Pendidikan, Sei Rotan. Waktu penelitian yang dilakukan penelitian direncanakan Kurang lebih 2 (dua) bulan dari bulan Oktober - November 2021.

3.2. Jenis dan sumber Data

Jenis data pada penelitian ini, terdiri dari Data kualitatif, yaitu data yang diperoleh dari perusahaan dalam bentuk informasi, baik secara lisan maupun secara tertulis. Seperti mutu produksi. Sumber data pada penelitian ini, meliputi Data primer, yaitu data yang bersumber dari hasil observasi dan hasil wawancara dengan pimpinan dan karyawan Bengkel Las.

3.3. Teknik Pengumpulan Data

Sebagian besar tujuan penelitian adalah untuk memperoleh data yang relevan, dapat dipercaya dan dapat dipertanggungjawabkan. Dalam penyusunan skripsi ini penulis memperoleh data dari data primer. Proses pengumpulan data merupakan langkah yang paling strategis dalam penelitian, karena tujuan utama dari penelitian adalah mendapatkan data melalui penelitian lapang (*field research*). Penelitian Lapang (*Field*

research) yaitu kegiatan penelitian lapangan, dimana penulis mencari data yang objek penelitian, untuk itu penulis melakukan pengamatan setempat dan wawancara langsung dengan pimpinan serta beberapa karyawan/staff perusahaan dan mengumpulkan informasi yang diperlukan. Untuk mengumpulkan data lapangan yang diperlukan yaitu:

1. Wawancara, yaitu Tanya jawab yang dilakukan dengan kepala-kepala atau bagian dan beberapa karyawan yang berkepentingan langsung menangani biaya operasional yang berkaitan dengan produksi.
2. Dokumentasi, yaitu sebuah cara yang dilakukan untuk menyediakan dokumen-dokumen dengan menggunakan bukti yang akurat dari pencatatan sumber-sumber informasi.

3.4. Metode Analisis

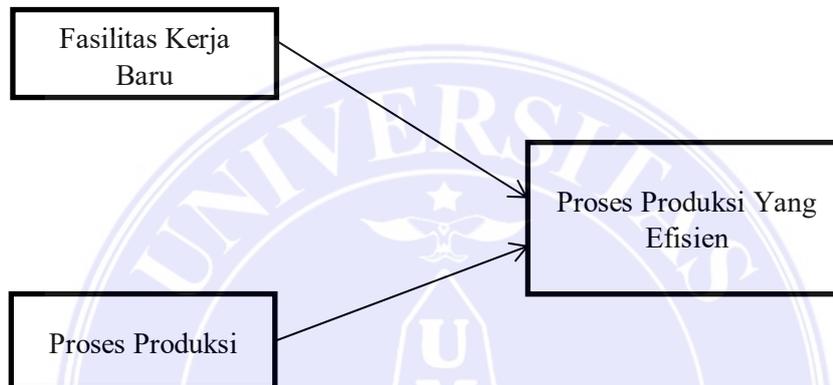
Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode deskriptif kualitatif. Metode deskriptif kualitatif adalah metode yang lebih menekankan pada aspek pemahaman secara mendalam terhadap suatu masalah daripada melihat permasalahan untuk penelitian generalisasi. Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui bagaimana penerapan fasilitas kerja baru guna meningkatkan efisiensi produksi dengan metode DFMA pada Bengkel AgusLas.

3.5. Variabel Penelitian

Adapun variabel penelitian ini adalah.

1. Variabel Dependent : Efisiensi waktu Produksi
2. Variabel Independent : Fasilitas kerja baru, Sistem produksi.

3.6. Kerangka Berpikir



Gambar 3.1 Kerangka Berpikir.

Dalam pembuatan produk di Bengkel AgusLas, waktu yang dikeluarkan menjadi faktor penting dalam efisiensi produksi dimana waktu harus diminimalkan dengan proses produksi yang efisien. Setiap perusahaan/UKM menginginkan waktu produksi yang efektif dan proses produksi yang maksimal, karena waktu produksi berpengaruh terhadap proses produksi dan apabila harga jual suatu produk tinggi dan perusahaan lain yang memproduksi suatu produk yang sama dan kualitasnya pun sama tetapi harga jual produk lebih rendah, maka perusahaan akan kalah dalam persaingan pasar. Maka perusahaan harus mengefisiensikan segala proses pengerjaan waktu produksi yang bisa meminimalkan biaya produksi.

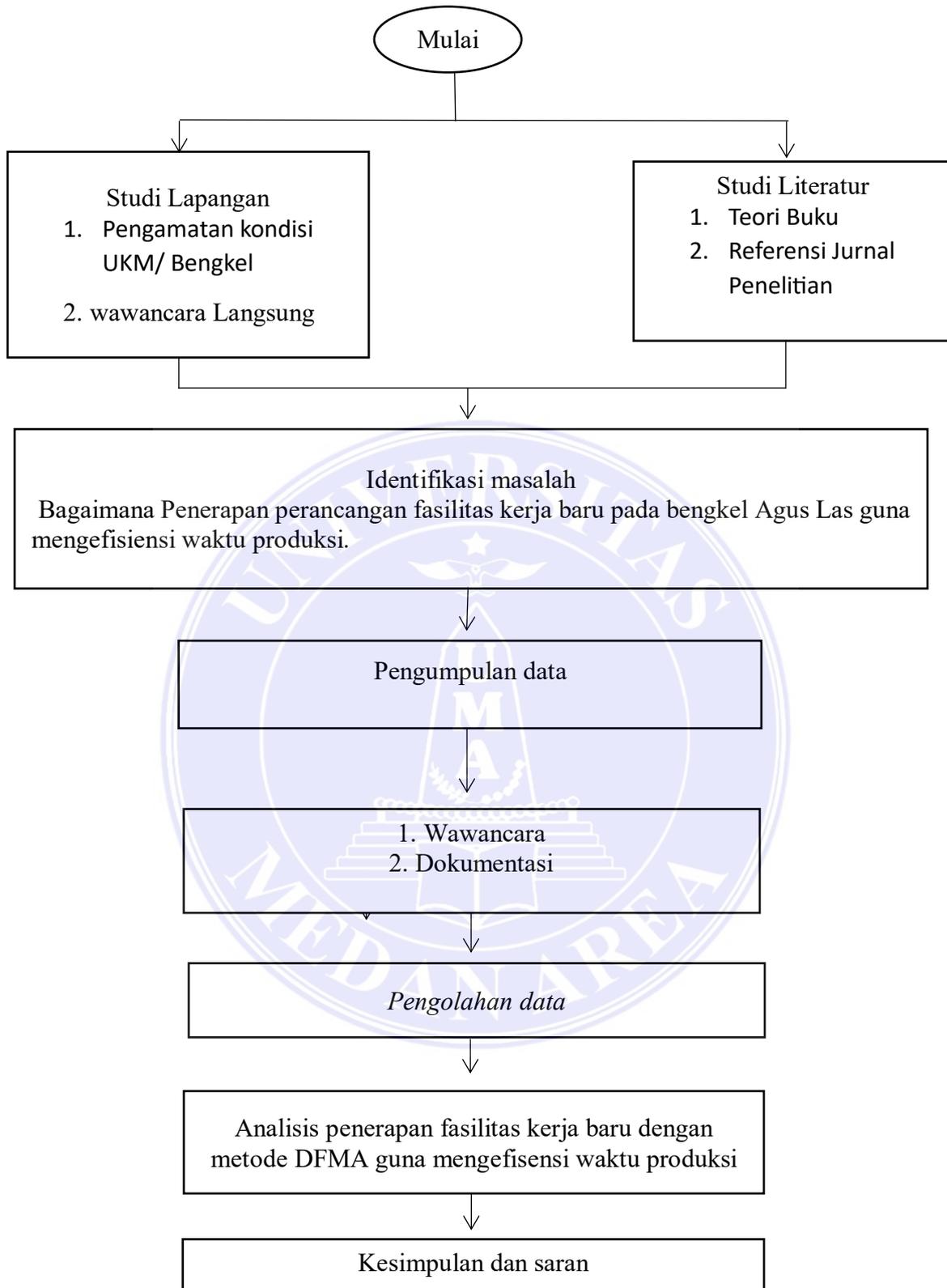
sangat mempengaruhi efisiensi biaya produksi sehingga dibutuhkan penerapan sistem produksi yang baik, Perancangan sistem kerja baru dengan metode DFMA ini merupakan metode yang sangat cocok dalam menyelesaikan permasalahan diatas, dimana tujuan atau hasil akhirnya dapat menghemat waktu produksi pada Bengkel Agus Las.

Faktor waktu sangat berpengaruh terhadap efisiensi biaya produksi. Mengurangi waktu dan biaya program pemeriksaan kualitas, pemilihan supplier bahan dan alat yang dapat menjamin ketepatan waktu jumlah dan kualitas barang yang akan di tempah (las) di Bengkel Agus Las dapat mengurangi waktu dan biaya pemeriksaan. Efisiensi waktu produksi dapat menghemat biaya listrik di Bengkel Agus Las.

3.7. *Flowchart* Penelitian

Flowchart penelitian bertujuan untuk memecahkan permasalahan yang menggambarkan proses mulai hingga penelitian selesai secara runtun dengan tahapan – tahapan penelitian yang sistematis dan skematis.

1. Pada perubahan posisi postur tubuh pekerja yang semula duduk menjadi berdiri pada saat pengelasan.
2. Pada perubahan posisi postur tubuh pekerja yang semula duduk menjadi berdiri pada saat pengelasan.
3. Pada perubahan posisi postur tubuh pekerja yang semula duduk menjadi berdiri pada saat pengelasan.



Gambar 3.2 *Flowchart* Penelitian

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Dari analisa yang telah dilakukan adapun usulan fasilitas kerja pengelasan yakni meja kerja yang memiliki pijakan kaki yang digunakan untuk memudahkan pekerja ketika hendak mengistirahatkan kaki ketika lama berdiri, tersedia tempat peralatan las dan material yang akan di las, dengan penjepit berupa ragum yang dapat menjepit benda kerja yang ingin di las, adapun ukuran dari meja adalah 73 cm untuk tinggi meja, 60 cm untuk panjang dan lebar meja, adapun cara menggunakan fasilitas ini terkhusus pada penjepit benda kerja yaitu ragum, ragum dapat dibongkar pasang sesuai dengan keinginan pekerja las sehingga dapat di atur posisi nyaman pekerja dalam bekerja. Dalam hasil rancangan ini dapat membuat pekerja las lebih aman dan nyaman dalam bekerja sehingga dapat terhindar dari musculoskeletal disorders (cedera otot) dan mempersingkat waktu pekerjaan.
2. Hasil perhitungan postur kerja dengan metode REBA postur tubuh pekerja pengelasan sebelum menggunakan usulan fasilitas kerja yakni meja las pada skor 9 yang berarti pada level 3 dan diharapkan sesudah menggunakan usulan fasilitas kerja yang baru pada skor 3 yang berarti berada pada level 1, sehingga postur kerja menjadi lebih baik, meja las dapat dimanfaatkan untuk mengelas semua produk pada bengkel las dan

efisiensinya dapat dipersingkat dari 6,2 jam menjadi 3,9 jam sehingga dapat mengefisiensi waktu sebesar 37,74%, sehingga para pekerja dapat menghasilkan 2 produk tralis dalam 1 hari kerja.

5.2.Saran

Saran-saran yang dapat peneliti berikan sebagai berikut:

1. Disarankan bagi perusahaan untuk selalu memperhatikan resiko pekerjaan yang tinggi dengan membuat resiko tersebut menjadi lebih rendah, untuk itu perlu implementasi fasilitas kerja yang telah dirancang.
2. Apabila untuk mengimplementasi usulan perbaikan belum bisa segera dilakukan maka perusahaan memberikan pengetahuan kepada operator mengenai teknik pemindahan beban yang benar agar sehingga meminimalkan resiko kecelakaan kerja.

DAFTAR PUSTAKA

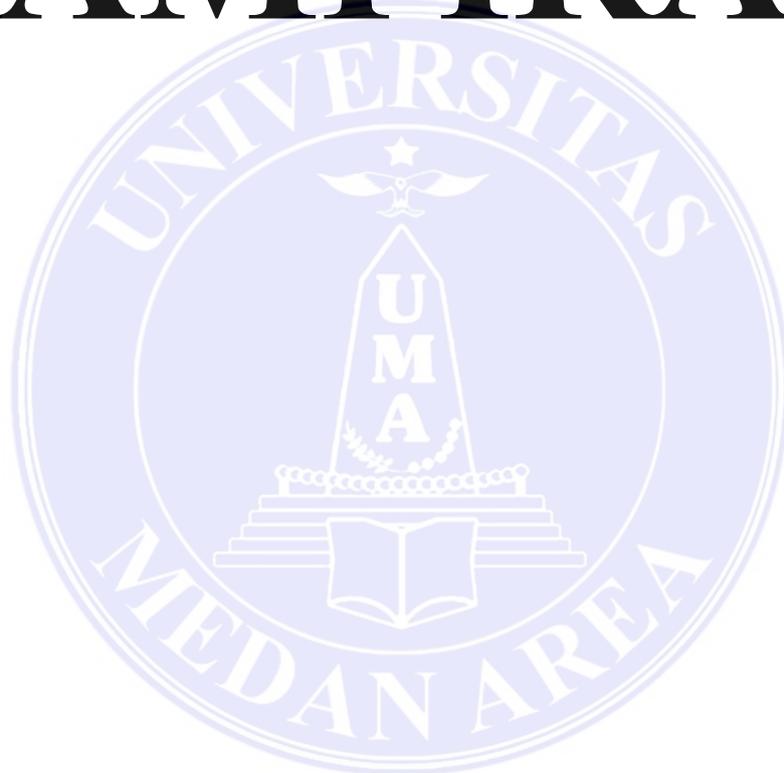
- Achmad, M. Aplikasi Ergonomi Untuk Meningkatkan Kinerja Operator Dan Output Produksi Pada Proses Taper. Jurnal MATRIK, Vol. 14, No. 2. Maret 2017
- Arifah., D. A., dan Majid, A. Analisis Postur Kerja Pada Pekerjaan Manual Handling Di Area Workshop PT.X Dengan Menggunakan Metode REBA. Journal of Industrial Hygiene and Occupational Health, Vol. 2, No.2. April 2018.
- Awasthi., N., Singh, P., dan Awasthi, S. Risk assessment of handloom weavers for musculoskeletal disorder in durrie unit. The PharmaInnovation Journal, Vol. 7, No.7. June 2018.
- Felicia., Adianto., dan Widodo, L. Perbaikan Stasiun Kerja Packing Dan Carding Fiber Dacron (Polieti Lena Tereftalat) Untuk Mencegah Musculoskeletal Disorder (MSDs) Pada Pekerja PT. Xyz Cikupa Tangerang. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Vol. 5, No. 2. 2017.
- Ginting, Rosnani. Perancangan Produk. Yogyakarta : Graha Ilmu. 2008.
- Miko., H., Sopianah., Y., Wicaksana., B., Suroto., dan Ambarwati, T. Posture Work to Complaint Musculoskeletal Disorders at the Dentist. Journal of International Dental and Medical Research, Vol. 11, No. 1. 2018.
- Rachman., I., Sari., R. E., dan Sahara, P. Hubungan Aktifitas Berulang Dan Sikap Kerja Dengan Keluhan Muskuloskeletal Disorders Pada Tenaga Kerja di PT Bahari Gembira Ria Kabupaten Muaro Jambi Tahun 2017. Riset Informasi Kesehatan, Vol. 7, No. 1. Juni 2018.
- Tarwaka, H. A. Solikhul, and L. Sudiajeng, Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan dan Produktivitas. Surakarta: UNIBA Press, 2004.

Wignjosoebroto, Sritomo,. Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu, Guna Widya, Surabaya. 2008.

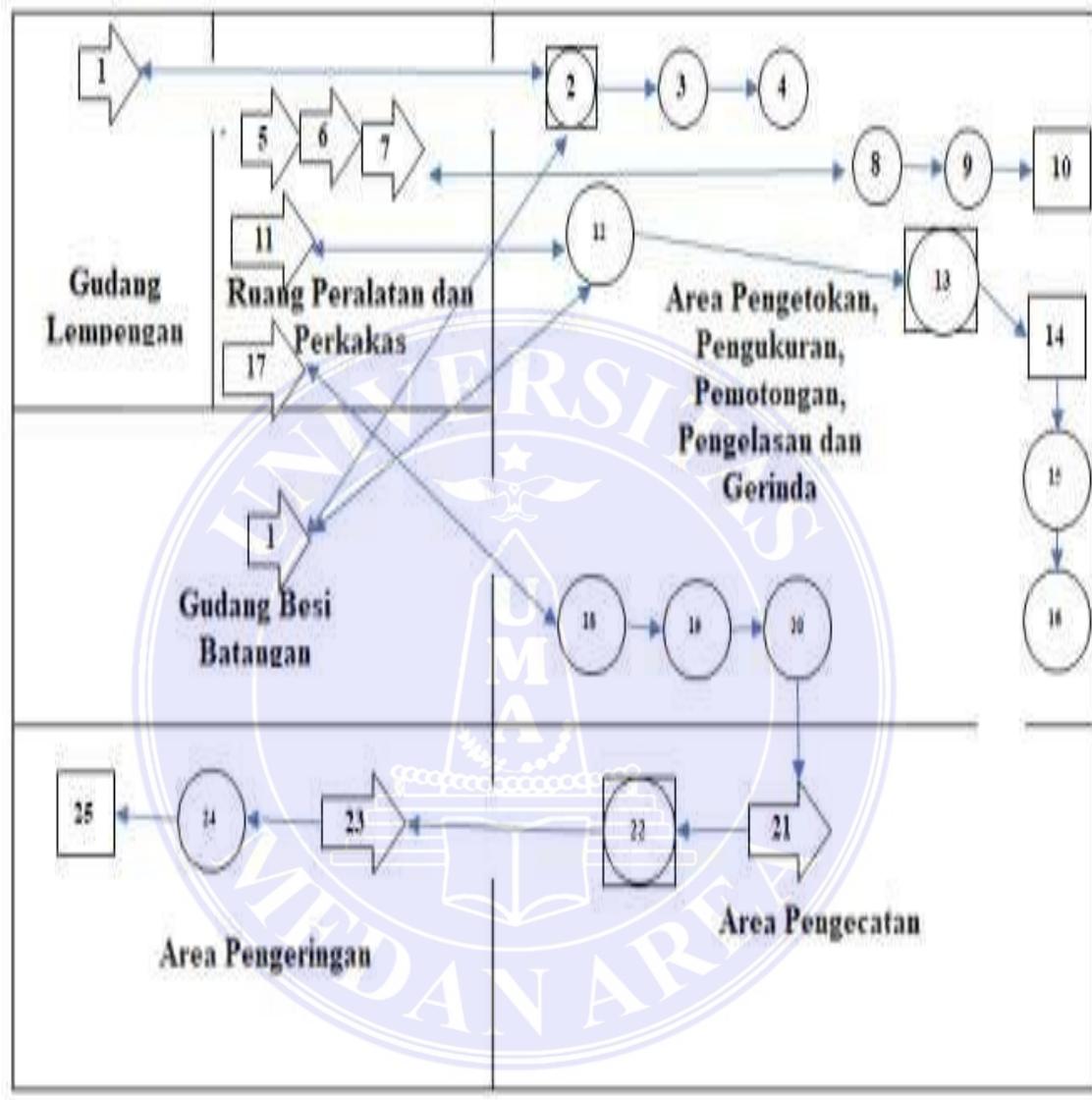
Yilmaz, Hande. Optimization of Product Design Throught Quality Function Deployment and Analytical Hierarchy Process: Case Study a Cramic Basin.2011.

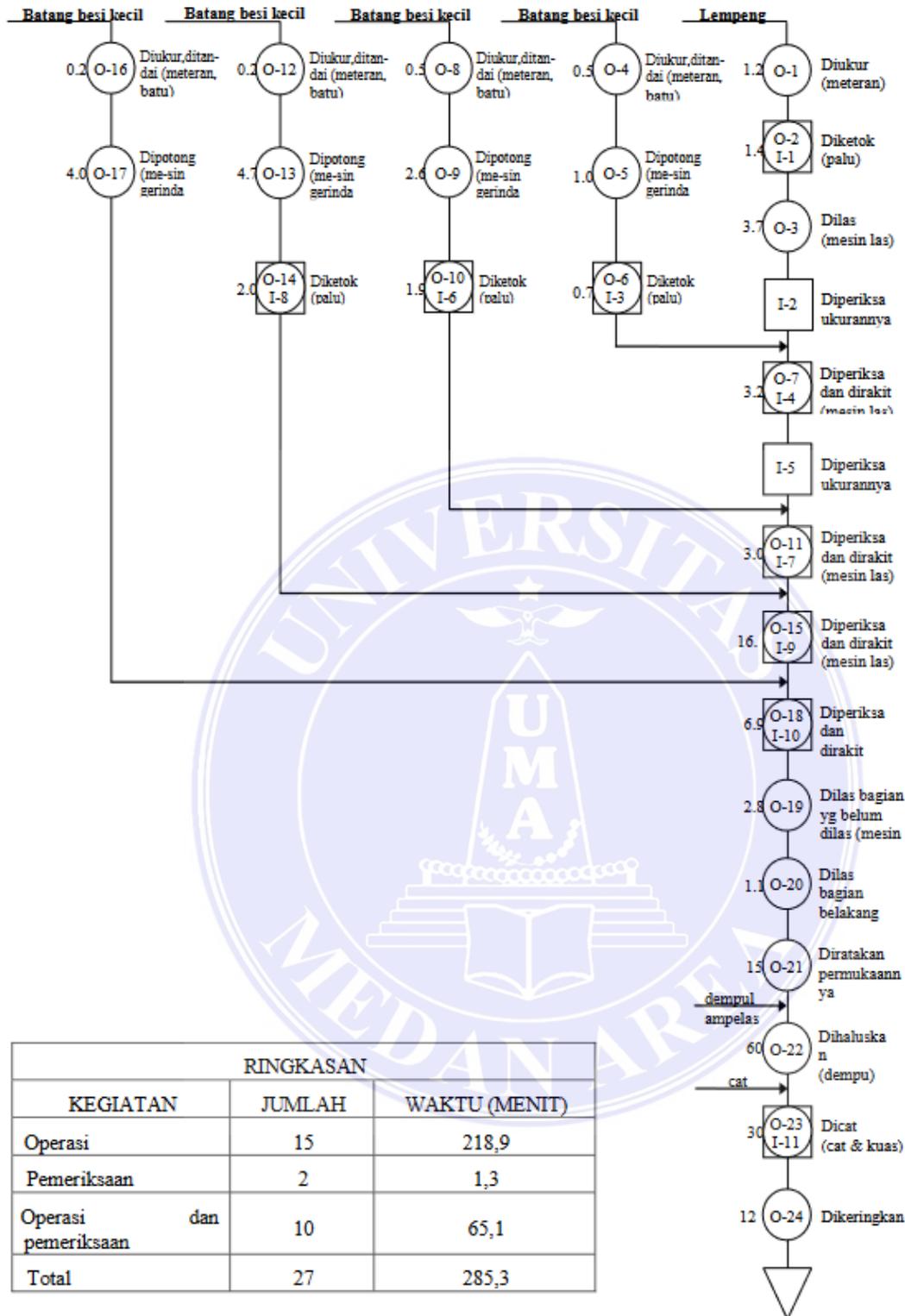


LAMPIRAN

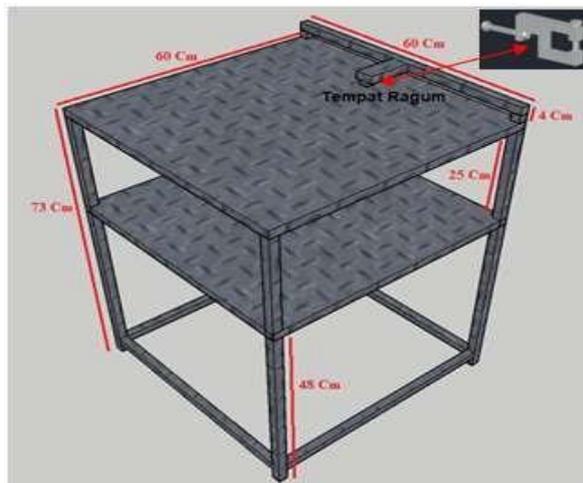


Layout Bengkela las Agus

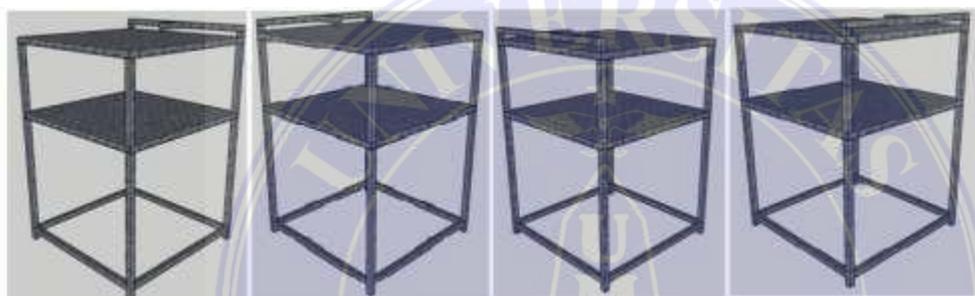




Flowchart Pembuatan Tralis Di Bengkel Agus



Usulan Rancangan Alat Bantu Las



Usulan Rancangan Alat Bantu Las Tampak dari Sisi Samping