

**ANALISIS KEBUTUHAN ELEKTRODA BERDASARKAN TINGKAT  
KINERJA JURU LAS PADA PERAKITAN BLOK 24 KAPAL FERRY RO-  
RO 1500 GT**

*Skripsi*

*Diajukan guna memenuhi persyaratan untuk meraih gelar Sarjana Teknik pada  
Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*



**Oleh :**

**ILHAM**

**D31115307**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**2022**

**HALAMAN JUDUL**

**ANALISIS KEBUTUHAN ELEKTRODA BERDASARKAN TINGKAT  
KINERJA JURU LAS PADA PERAKITAN BLOK 24 KAPAL FERRY RO-  
RO 1500 GT**

**OLEH  
ILHAM  
D31115307**

**SKRIPSI**

**Sebagai Tugas Akhir dalam Rangka Penyelesaian Studi Sarjana pada  
Departemen Teknik Perkapalan**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
2022**

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mengikuti Seminar dan Ujian Akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Perkapalan Program Studi Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin

Makassar

Judul Skripsi

ANALISIS KEBUTUHAN ELEKTRODA BERDASARKAN TINGKAT KINERJA JURU LAS PADA PERAKITAN BLOK 24 KAPAL FERRY RO-RO 1500 GT

Disusun Oleh :

Ilham

D31115307

Gowa, ..... Maret 2022

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing I

Dr. Ir. Svamsul Asri, MT  
Nip. 19650318 199103 1 003

Pembimbing II

Farianto Fachruddin L. ST. MT  
Nip. 19700426 199412 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.  
Nip. 19730206 200012 1 002

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini;

**Nama** : Ilham  
**NIM** : D31115307  
**Program Studi** : Teknik Perkapalan  
**Jenjang** : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

**“Analisis Kebutuhan Elektroda Berdasarkan Tingkat Kinerja Juru Las Pada Perakitan Blok 24 Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT”**

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Maret 2022

Yang Menyatakan,

  
Ilham

## **KATA PENGANTAR**

*Assalamu Alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.* Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah *SWT*, dikarenakan kebesaran dan kehendak-Nya sehingga laporan penelitian tentang “Analisis Kebutuhan Elektroda Dan Produktivitas Juru Las Pada Perakitan Blok 24 Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT” dapat kami selesaikan dengan baik. Dimana laporan ini merupakan persyaratan untuk memenuhi tugas akhir, pada Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin.

Penyusun menyadari dengan sepenuh hati bahwa di dalam laporan ini masih terdapat kesalahan ataupun kekurangan kami mohon maaf dan meminta kritikan yang membangun demi kesempurnaan laporan ini. Dan tak lupa saya mengucapkan banyak terima kasih kepada dosen pembimbing, dan teman - teman yang banyak membantu dalam penyelesaian tugas ini.

Akhirnya penyusun berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi saya sendiri maupun bagi semua pihak yang berkenan untuk membacanya maupun mempelajarinya. Semoga Allah *SWT* senantiasa memberikan rahmat dan karunia-Nya kepada kita semua. Aamiin.

Gowa, 13 Januari 2022

Penyusun

## UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan segala kerendahan dan ketulusan hati, segala puji dan syukur bagi Allah *SWT* sebaik-baik penolong menghendaki penelitian ini terselesaikan. Shalawat dan salam teruntuk baginda Rasulullah *Shallallahu'alaihi wasallam*, sebaik-baik manusia pemberi peringatan dan kabar gembira. Sepintar-pintar manusia adalah manusia yang berpegang teguh dan menyempurnakan tauhid kepada Allah *SWT*, serta mengikuti syariat Rasul-Nya. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan dan bantuan berbagai pihak adalah sangat sulit bagi penulis untuk menyelesaikan perkuliahan ini, terkhusus dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh kerennanya, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis yaitu ayahanda Drs. M. Amin A. dan ibunda Hj. Usnaeni Usman, Almarhumah nenek Hj. Betjtje, saudara-saudari terbaik penulis yaitu Arifta Multiawati Amd, Kep., Budi Utomo, Izzatuljannah, Fatanah Arbila, Azzahrah Febrianti, Nurdatilla, Suci Anugrah Ilahi, dan Muchlisatul Amalia.
2. Bapak Dr. Ir. Syamsul Asri MT., selaku Pembimbing 1, terima kasih begitu besar karena telah memberikan bantuan, bimbingan, serta arahan sampai penulisan tugas akhir ini selesai.
3. Bapak Fachrianto Fahrudin ST. MT., selaku Pembimbing 2, terima kasih begitu besar untuk masukan, arahan, nasihat dan bimbingannya sampai penulisan tugas akhir ini selesai.
4. Bapak Dr. Eng. Suandar Baso, S.T. MT., selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

5. Bapak Wahyuddin ST. MT., selaku Penasehat Akademik telah memberikan bantuan dan bimbingannya kepada penulis selama masa kuliah.
6. Bapak/Ibu Dosen, Staf, dan seluruh civitas akademik Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Kepada Lembaga Kemahasiswaan OKFT-UH, HMDP FT-UH, Creator09 SMFT-UH, Major09 SMFT-UH, dan HPPMI Maros yang telah menjadi tempat belajar, bekerja, dan berkarya.
8. Kepada saudara-saudari Teknik 2015, Platform 2015, dan Teknik Perkapalan 2015 dimana penulis tidak dapat menyebut satu-persatu. Suatu kehormatan penulis dapat melewati masa-masa perkuliahan bersama kalian.
9. Terima kasih kepada Aura Nur Maulida yang senantiasa membantu dan memberikan semangat dalam proses penyelesaian tugas akhir.
10. Terima kasih kepada kanda-kanda senior dan dinda-dinda telah membantu dalam proses perkuliahan dan pengerjaan skripsi.
11. Kepada teman-teman seperjuangan Universitas Hasanuddin, Angga, Wahid, dan lainnya yang tak bisa saya sebutkan satu-satu.

Gowa, 13 Januari 2022

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	viii
ABSTRAK .....	1
BAB I.....	3
1.1 Latar Belakang.....	3
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Batasan Masalah .....	5
1.4 Tujuan Penelitian .....	6
1.5 Manfaat Penelitian .....	6
1.6 Sistematika Penulisan .....	7
BAB II .....	8
2.1 Karakteristik Kapal Ferry .....	8
2.2 Proses Produksi Kapal .....	9
2.3 Teknologi Produksi Kapal dan Sistem Pembangunan Blok .....	10
2.4 Konsep <i>PWBS</i> .....	15
2.5 Teknik Pengelasan.....	18
2.6 Kualifikasi Pengelasan.....	20

2.7	Jenis Proses Pengelasan .....	24
2.8	Klasifikasi Sambungan Las .....	31
2.9	Posisi Pengelasan.....	35
2.10	Elektroda Las .....	36
2.11	Produktivitas .....	38
2.12	Metode Statistik .....	42
	<b>BAB III .....</b>	<b>44</b>
3.1	Objek Penelitian.....	44
3.2	Sumber Data .....	45
3.3	Metode Penelitian.....	47
3.4	Kerangka Alur Penelitian.....	51
	<b>BAB IV .....</b>	<b>52</b>
4.1	Desain Produksi Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT .....	53
4.2	Pembagian Blok 24.....	55
4.3	Urutan Perakitan .....	66
4.4	Standar Teknis Pengelasan.....	77
4.5	Perhitungan Beban Kerja Pengelasan .....	82
4.6	Perhitungan Kebutuhan Elektroda.....	86
4.7	Kinerja Juru Las.....	95
4.8	Pembahasan/Diskusi .....	96

BAB V .....	125
5.1 Kesimpulan.....	125
5.2 Saran .....	126
DAFTAR PUSTAKA.....	xiii
LAMPIRAN.....	xvi

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Komponen Sub-blok <i>Passenger Deck</i> .....	59
Tabel 4.2. Komponen Sub-blok <i>Longitudinal Bulkhead (Portside dan Starboard)</i> .....	61
Tabel 4.3. Komponen Sub-blok <i>Side Shell</i> .....	63
Tabel 4.4. Komponen Tidak Termasuk Sub-blok .....	65
Tabel 4.5. Total Panjang Pengelasan dengan Variabel Jenis Pengelasan .....	83
Tabel 4.6. Total Panjang Pengelasan dengan Variabel Posisi Pengelasan .....	84
Tabel 4.7. Analisis Hasil Las <i>FCAW</i> .....	89
Tabel 4.8. Total Berat Elektroda dengan Variabel Jenis Pengelasan .....	91
Tabel 4.9. Total Berat Elektroda dengan Variabel Posisi Pengelasan.....	92
Tabel 4.10. Pengerjaan Perakitan Blok 24 Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT.....	95
Tabel 4.11. Ratio Panjang Pengelasan Terhadap Berat Blok.....	97
Tabel 4.12. Indeks Beban Kerja Pengelasan .....	98
Tabel 4.13. Ratio Penggunaan Berat Elektroda Terhadap Berat Blok .....	99
Tabel 4.14. Rata-Rata Pengerjaan Pengelasan Setiap Hari.....	101
Tabel 4.15. Kinerja Juru Las Perakitan Blok 24 di PT IKI Makassar .....	117

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sejarah Perkembangan Metode Pembangunan Kapal .....	11
Gambar 2.2. Pembangunan Kapal Sistem Blok .....	13
Gambar 2.3. Proses Pengelasan SMAW .....	25
Gambar 2.4. Pemindahan Logam Cair .....	26
Gambar 2.5. <i>Self-Shielding Flux Core Arc Welding</i> .....	28
Gambar 2.6. <i>Gas-Shielding Flux Core Arc Welding</i> .....	28
Gambar 2.7. <i>Fillet Weld</i> pada pengelasan <i>Joint-T</i> .....	30
Gambar 2.8. Alur Sambungan Las Tumpul .....	31
Gambar 2.9. Sambungan T .....	32
Gambar 2.10. Macam-macam sambungan sudut .....	33
Gambar 2.11. Sambungan Tumpang .....	34
Gambar 2.12. Sambungan Sisi .....	35
Gambar 2.13. Macam-Macam Posisi Pengelasan .....	36
Gambar 3.1. Block Division Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT .....	44
Gambar 3.2. Desain 3D Blok 24 Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT .....	45
Gambar 3.3. Pengukuran Hasil Las Sub-Blok Longitudinal Bulkhead .....	46
Gambar 3.4. Pengukuran Hasil Las Sub-Blok Passenger Deck dan Side Shell ....	46
Gambar 3.5. Assembly Drawing Frame 86 Blok 24 .....	49
Gambar 3.6. Kerangka Alur Penelitian .....	51
Gambar 4.1. Rencana Umum Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT .....	54
Gambar 4.2. Desain 3D Perakitan Sub-Blok untuk <i>General Block</i> 24 .....	56
Gambar 4.3. <i>Flowchart</i> Perakitan Blok 24 dari Level Blok ke Level Komponen	58

Gambar 4.4. Pembagian Sub-Blok <i>Passenger Deck</i> menjadi Komponen .....	60
Gambar 4.5. Pembagian Sub-Blok <i>Longitudinal Bulkhead Startboard</i> dan <i>Portside</i> menjadi Komponen.....	62
Gambar 4.6. Pembagian Sub-Blok <i>Side Shell Startboard</i> dan <i>Portside</i> menjadi Panel.....	64
Gambar 4.7. Pembagian Panel <i>Side Shell Startboard</i> dan <i>Portside</i> menjadi Komponen .....	64
Gambar 4.8. Pembagian Komponen non Sub-blok .....	65
Gambar 4.9. Urutan Perakitan Panel <i>Deck Transversal Beam</i> FR 86 & FR 90....	66
Gambar 4.10. Urutan Perakitan Panel <i>Passenger Deck</i> .....	67
Gambar 4.11. Urutan Perakitan Sub-blok <i>Passenger Deck</i> .....	69
Gambar 4.12. Urutan Perakitan Panel <i>Longitudinal Bulkhead Plate</i> dan <i>Stringer LBHD</i> .....	70
Gambar 4.13. Urutan Perakitan Sub-blok <i>Longitudinal Bulkhead</i> .....	71
Gambar 4.14. Urutan Perakitan Panel <i>Side Shell</i> .....	73
Gambar 4.15. Urutan Perakitan Panel <i>Web Frame</i> .....	74
Gambar 4.16. Urutan Perakitan Sub-blok <i>Side Shell</i> .....	75
Gambar 4.17. Urutan Perakitan Blok 24.....	77
Gambar 4.18. Sambungan Las.....	78
Gambar 4.19. WPS Sambungan <i>Double Vee Butt</i> .....	79
Gambar 4.20. WPS Sambungan <i>Tee Fillet</i> .....	80
Gambar 4.21. WPS Sambungan <i>Lap Joint</i> .....	82
Gambar 4.22. Grafik Panjang Pengelasan SMAW untuk Posisi Pengelasan .....	85

Gambar 4.23. Grafik Panjang Pengelasan <i>FCAW</i> untuk Posisi Pengelasan .....	85
Gambar 4.24. Elektroda <i>SMAW</i> Diameter 4 mm dan Panjang 400 mm .....	87
Gambar 4.25. Elektroda <i>FCAW</i> Diameter 1.2 mm.....	87
Gambar 4.26. Berat Elektroda <i>FCAW</i> dengan Panjang 20 cm.....	88
Gambar 4.27. Analisis Elektroda <i>FCAW</i> dengan Panjang 200 mm .....	88
Gambar 4.28. Grafik Penggunaan Elektroda <i>SMAW</i> untuk Posisi Pengelasan.....	93
Gambar 4.29. Grafik Penggunaan Elektroda <i>FCAW</i> untuk Posisi Pengelasan .....	93
Gambar 4.30. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Abdul Salam Posisi <i>Downhand</i> .....	102
Gambar 4.31. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Abdul Salam Posisi Horisontal.....	103
Gambar 4.32. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Abdul Salam Posisi Vertikal.....	104
Gambar 4.33. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Ari Posisi <i>Downhand</i> .....	105
Gambar 4.34. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Basri Posisi <i>Downhand</i> .....	106
Gambar 4.35. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Basri Posisi Horisontal .....	107
Gambar 4.36. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Basri Posisi Vertikal .....	108
Gambar 4.37. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Herman Posisi <i>Downhand</i> .....	109

Gambar 4.38. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Herman Posisi Horizontal.....	110
Gambar 4.39. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Herman Posisi Vertikal.....	111
Gambar 4.40. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Husein Posisi <i>Downhand</i> .....	112
Gambar 4.41. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Rodi Posisi <i>Downhand</i> .....	113
Gambar 4.42. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Rodi Posisi Horizontal .....	114
Gambar 4.43. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Rodi Posisi Vertikal .....	115
Gambar 4.44. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Udiansyah Posisi <i>Downhand</i> .....	116
Gambar 4.45. Rasio Jumlah Batang dan Panjang Pengelasan Udiansyah Posisi Vertikal.....	117
Gambar 4.46. Kampuh Jenis Sambungan <i>Double V Butt</i> .....	119
Gambar 4.47. Kampuh Jenis Sambungan <i>Tee Fillet</i> .....	121

# **ANALISIS KEBUTUHAN ELEKTRODA BERDASARKAN TINGKAT KINERJA JURU LAS PADA PERAKITAN BLOK 24 KAPAL FERRY RO-RO 1500 GT**

Oleh: Ilham

Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

Pembimbing 1: Dr. Ir. Syamsul Asri MT.

Pembimbing 2: Farianto Fachruddin L., ST., MT.

## **ABSTRAK**

Pengelasan merupakan proses penyambungan logam dengan menggunakan energi panas dan menjadi aspek penting serta dominan dalam pembangunan kapal. Perencanaan pengelasan dalam pembangunan sebuah kapal perlu persiapan maksimal meliputi perencanaan kebutuhan juru las dan elektroda las. Penelitian ini bertujuan mengetahui panjang pengelasan/beban pengelasan, elektroda las, dan produktivitas juru las pada perakitan blok 24 kapal ferry ro-ro 1500 GT. Pencapaian tujuan dilaksanakan melalui perencanaan *PWBS (Product Work Breakdown Structure)* blok 24 kapal dengan tujuan mengidentifikasi komponen-komponen konstruksi bangunan atas kapal. Kemudian membuat dokumen prosedur standar pengelasan/*WPS (Welding Procedure Specification)* pada proses perakitan komponen menjadi panel, perakitan panel menjadi sub-blok, perakitan sub-blok menjadi blok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa beban pengelasan bangunan atas kapal adalah 1082,2 m dengan persentasi bobot pengerjaan terbesar 37,204% (SB PD) dan persentasi bobot pengerjaan terkecil 10,092% (SB SS). Beban kerja pengelasan membutuhkan suplai elektroda las sebanyak 140,94 kg dengan elektroda jenis pengelasan *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* sebesar 122,79 kg dan elektroda jenis pengelasan *Flux Cored Arc Welding (FCAW)* sebesar 18,15 kg. Perhitungan waktu perakitan blok 24 kapal ferry ro-ro 1500 GT selama 21 hari. Total juru las sebanyak 8 orang terbagi dari 7 juru las SMAW dan 1 juru las FCAW. Utilitas juru las posisi pengelasan *downhand* sebesar 88% dengan tingkat kinerja juru las tertinggi 0,19 kg/m dan terendah 0,17 kg/m. Untuk utilitas posisi pengelasan horisontal sebesar 86% dengan tingkat kinerja juru las tertinggi 0,19 kg/m dan terendah 0,16 kg/m. Dan untuk utilitas posisi pengelasan vertikal sebesar 87% dengan tingkat kinerja juru las tertinggi 0,48 kg/m dan terendah 0,39 kg/m.

Kata kunci: *Pengelasan, SMAW, FCAW, Elektroda, Kinerja Juru Las, Utilitas*

**ANALYSIS OF REQUIREMENTS ELECTRODE BY WELDER  
PERFORMANCE LEVEL AT BUILDING ASSEMBLY BLOCK 24 OF FERRY  
RO-RO 1500 GT SHIP**

By: Ilham

Departement of Naval Architecture, Engineering Faculty, Hasanuddin University

1<sup>st</sup> Supervisor: Dr. Ir. Syamsul Asri MT.

2<sup>nd</sup> Supervisor: Fachrianto Fahrudin ST. MT.

**ABSTRACT**

Welding is a metal joining process using heat energy and is an important and dominant aspect in shipbuilding. Welding planning in the construction of a ship needs maximum preparation including planning the needs of welders and welding electrodes. This study aims to determine the length of the welding/welding load, welding electrodes, and productivity of the welder on the assembly of the 24 block ro-ro ferry 1500 GT. The achievement of the objectives is carried out through the planning of PWBS (Product Work Breakdown Structure) block 24 ships with the aim of identifying the components of the ship's building construction. Then make a standard welding procedure document/WPS (Welding Procedure Specification) in the process of assembling components into panels, assembling panels into sub-blocks, assembling sub-blocks into blocks. The results showed that the welding load on the ship's superstructure was 1082.2 m with the largest working weight percentage 37.204% (SB PD) and the smallest working weight percentage 10.092% (SB SS). The welding workload requires a supply of welding electrodes of 140.94 kg with Shielded Metal Arc Welding (SMAW) welding electrodes of 122.79 kg and Flux Cored Arc Welding (FCAW) welding of 18.15 kg. Calculation of the assembly time of 24 ro-ro ferry boats 1500 GT for 21 days. A total of 8 welders were divided into 7 SMAW welders and 1 FCAW welder. Utility of downhand welding position is 88% with the highest welder performance level of 0.19 kg/m and the lowest 0.17 kg/m. For horizontal welding position utility of 86% with the highest welder performance level of 0.19 kg/m and the lowest 0.16 kg/m. And for the utility of vertical welding position of 87% with the highest welder performance level of 0.48 kg/m and the lowest 0.39 kg/m.

*Keywords: Welding, SMAW, FCAW, Elektrode, Welder Perfomance, Utility*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan masalah kebutuhan elektroda pada tingkat kinerja juru las. Penyusunan pada bab ini menjabarkan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian terhadap kebutuhan elektroda pada tingkat kinerja juru las.

### **1.1 Latar Belakang**

Industri perkapalan merupakan suatu industri yang menghasilkan produk berupa kapal, bangunan lepas pantai atau bangunan apung lainnya. Karakter industri perkapalan tidak lepas dari variabel pengaruh terhadap modal untuk upah tenaga kerja dan bahan baku. Industri perkapalan salah satu industri masa depan yang penting dan strategis untuk ditumbuh kembangkan, karena industri ini bisa memacu sektor-sektor maritim lainnya untuk menciptakan pertumbuhan dan pusat-pusat perekonomian baru.

Saat ini industri perkapalan dan jasa perbaikannya masih dihadapkan pada permasalahan pembangunan kapal. Perkembangan teknologi di sektor konstruksi saat ini sangat meningkat, khususnya di bidang konstruksi yang melibatkan logam. Untuk menghasilkan konstruksi yang berkualitas maka diperlukan suatu teknologi untuk menggabungkan logam yaitu menggunakan teknologi pengelasan. Pembangunan sebuah kapal baja tidak terlepas dari pengelasan. Pengelasan merupakan sebuah ikatan karena adanya proses metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair. Dari pengertian tersebut dapat

dijabarkan lebih lanjut bahwa pengertian las adalah sebuah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas aliran listrik maupun api dari pembakaran gas. Dalam perindustrian kapal, pengelasan merupakan hal yang umum dan sering dilakukan dalam menyambungkan material-material plat dalam pembangunan struktur (Wiryosumarto & Okumura, 1996).

Dalam proses pembangunan kapal, pengelasan pada material sangat penting untuk direncanakan. Untuk merencanakan proses pengelasan pada material plat, diperlukan beberapa metode dan juga posisi yang tepat. Selain itu, dalam pengerjaan juga sangat diperhitungkan pada pemakaian waktu atau periode pengerjaan agar pembangunan kapal berjalan efektif dan efisien. Mengingat besarnya persentasi biaya penggunaan elektroda pada pengelasan berpengaruh terhadap pembiayaan proyek pembangunan kapal.

Pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi, tetapi hanya merupakan sarana untuk mencapai ekonomi pembuatan yang lebih baik, karena itu rancangan pengelasan harus betul-betul memperhatikan kesesuaian antara sifat-sifat las dengan kegunaan konstruksi dan keadaan di sekitarnya serta efisiensinya (Hadi, 2009). Selain pada posisi-posisi pengelasan, kualitas pengelasan sangat bergantung pada ketrampilan juru las dan operator las, oleh karena itu untuk bidang perkapalan badan klasifikasi mensyaratkan kualifikasi tertentu dari juru dan operator las. Juru las juga dapat mempengaruhi kebutuhan atau pemakaian elektroda yang digunakan sebab setiap juru las mempunyai keterampilan yang berbeda-beda.

Pemilihan elektroda dan penggunaan jenis posisi pengelasan yang tepat serta pemilihan jenis sambungan menurut standar pengelasan sangat dibutuhkan

untuk mendapatkan hasil pengelasan yang sempurna. Kebutuhan elektroda mempengaruhi perakitan kapal pada bidang ekonomi. Pada penggunaan elektroda diupayakan untuk digunakan secara ekonomis dan efisien agar mengurangi biaya produksi kapal baja.

Dari uraian di atas, penulis melakukan penelitian untuk memenuhi Strata tingkat I dengan judul:

**“Analisis Kebutuhan Elektroda Berdasarkan Tingkat Kinerja Juru Las  
Pada Perakitan Blok 24 Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT”**

## **1.2 Rumusan Masalah**

Untuk memfokuskan arah penelitian, permasalahan penelitian pada perakitan Blok 24 Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT disusun sebagai rumusan masalah, yaitu:

1. Bagaimana strategi perakitan blok kapal (*PWBS*)?
2. Berapa berat konstruksi pada level panel, sub-blok dan blok kapal?
3. Berapa beban kerja pengelasan (panjang pengelasan) sesuai *PWBS*?
4. Bagaimana *Welding Procedure Specification (WPS)* pada setiap sambungan elemen konstruksi?
5. Berapa tingkat kinerja juru las?
6. Berapa tingkat kebutuhan elektroda?

## **1.3 Batasan Masalah**

Pembatasan suatu masalah digunakan untuk menghindari adanya penyimpangan maupun pelebaran pokok masalah agar penelitian tersebut lebih

terarah dan memudahkan dalam pembahasan sehingga tujuan penelitian tercapai.

Beberapa batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Posisi pengelasan yang dibahas adalah *Downhand*, Horizontal, Vertikal, dan *Overhead*, untuk seluruh tipe sambungan pengelasan.
2. Proses pengelasan yang dibahas adalah *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* dan *Flux cored arc welding (FCAW)*.
3. Kinerja juru las yang ditentukan adalah teknik pengelasan *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)*.

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari perakitan Blok 24 Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT adalah sebagai berikut:

1. Menentukan strategi perakitan blok kapal
2. Menentukan berat konstruksi panel, sub-blok dan blok kapal.
3. Menentukan panjang pengelasan sesuai *PWBS*.
4. Menentukan standar teknik pengelasan (*WPS*).
5. Mengetahui tingkat kinerja juru las.
6. Mengetahui tingkat kebutuhan elektroda.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diperoleh dari penelitian ini, yaitu:

1. Memberikan pengetahuan terhadap perbandingan berat komponen dan panjang pengelasan.
2. Memberikan pengetahuan terhadap kategorisasi standar teknis pengelasan.

3. Memberikan pengetahuan pada pemberdayaan juru las terhadap kinerja dan penggunaan elektroda yang lebih efisien dan ekonomis.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Penulisan skripsi ini disusun dengan menggunakan sistematika sebagai berikut:

- **BAB I PENDAHULUAN;** Bab ini menjelaskan tentang latar belakang dari penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat penelitian serta sistematika penulisan.
- **BAB II LANDASAN TEORI;** Bab ini menguraikan tentang beberapa teori berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Deskripsi teori pada bab ini meliputi produksi kapal, konstruksi kapal ferry, teknik pengelasan, jenis pengelasan, jenis sambungan pengelasan, posisi pengelasan, produktivitas kinerja juru las, dan ilmu statistika tentang klasifikasi data.
- **BAB III METODE PENELITIAN;** Bab ini berisikan metode yang digunakan untuk memperoleh hasil dan penelitian dan teknik analisa data.
- **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN;** Bab ini menyajikan hasil dari penelitian disertai pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan
- **BAB V PENUTUP;** Bab ini berisikan simpulan dari penulisan dan saran bagi pembaca.

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI**

Bab ini mendeskripsikan teori tentang Karakteristik Kapal Ferry, Proses Produksi Kapal, Teknologi Produksi Kapal dan Sistem Pembangunan Blok, Konsep *PWBS*, Teknik Pengelasan, Kualifikasi Pengelasan, Jenis Proses Pengelasan, Klasifikasi Sambungan Las, Posisi Pengelasan, Elektroda Las, Produktivitas, dan Metode Statististik.

#### **2.1 Karakteristik Kapal Ferry**

Kapal Ferry adalah kapal penyebrangan barang dan penumpang dengan jarak pelayaran pendek dalam melintasi sungai atau pantai suatu pulau atau antar pulau.

Kapal Ferry mempunyai ciri umum sebagai berikut (Alwan, 2020):

- a. Geladak disyaratkan dengan lebar yang cukup besar untuk pengangkutan kendaraan agar arus keluarnya kendaraan menjadi cepat
- b. Penempatan kendaraan sedemikian rupa sehingga terlindungi dari air laut
- c. Pintu *ramp*, baik itu di depan dan di belakang maupun di samping
- d. Untuk mencukupi lebar kapal, kapal dilengkapi dengan *vender* untuk mencegah terjadinya *shock*.

Sifat-sifat yang biasa diangkut dengan kapal Ferry adalah:

1. Bisa digerak sendiri, misalnya mobil
2. Barang-barang di atas truk dan penumpang dalam bus
3. Barang-barang di atas *roll pale*
4. Kontainer di atas *chassis*

5. Penumpang yang bergerak sendiri.

Sedangkan untuk peraturan pemuatan kendaraan di kapal Ferry adalah:

1. Ruang untuk kendaraan, tinggi ruang kendaraan mobil kecil/sedang minimal 2,5 m, kendaraan truk 3,8 m dan *trailer* 4,75 m.
2. Jarak minimal kendaraan sisi kiri dan kanan 60 cm dan jarak antara muka dan belakang 30 cm
3. Jarak antara dinding kapal dengan kendaraan 60 cm
4. Antara pintu *ramp* haluan dengan sekat tubrukan dan pintu *ramp* buritan dengan sekat buritan tidak boleh dimuati kendaraan.

Karakteristik yang lebih spesifik dari kapal Ferry Ro-Ro adalah bongkar muat secara horizontal dengan menggunakan roda dari dan kedalam kapal menggunakan *ramp* jembatan kapal.

## **2.2 Proses Produksi Kapal**

Metode pembangunan kapal baru dipengaruhi oleh fasilitas galangan kapal tersebut. Metode tersebut pada dasarnya bertujuan untuk mempermudah proses pengerjaan dan memperluas area pekerjaan, sehingga mutu pekerjaan dapat dimonitor dengan baik. Pembangunan kapal dengan sistim seksi dan pembangunan kapal dengan sistim blok merupakan metode umum dalam pembangunan kapal di galangan.

Seiring penemuan teknologi las (*welding technology*) menggantikan teknologi keling (*riveting technology*), maka teknologi perakitan kapalpun mengalami evolusi teknologi. Teknologi untuk merakit kapal mengalami

perkembangan mulai dari sistem komponen atau metode tradisional/konvensional sampai dengan sistem blok atau metode modern. Setelah teknologi las menggantikan sistem keling (*riveting*) dapat dilakukan pengembangan metode/teknologi pembangunan kapal. Menurut David Eyres (2006), Berkas teknologi las, komponen konstruksi seperti gading-gading dapat langsung disatukan dengan pelat kulit, lunas dapat disambung dengan pelat bottom dan *centre girder* serta wrang sekaligus membentuk panel, sub-blok dan blok. Teknologi las juga membuat banyak pekerjaan perakitan dapat dilakukan dengan baik dan tingkat akurasi, efisiensi serta keamanan tinggi dilandasi peluncuran maupun di bengkel kerja. Blok telah dikerjakan dengan menggunakan teknologi las dapat ditegakkan (*erected*) antara blok dengan blok lain membentuk sebuah lambung kapal (Wahyuddin, 2011).

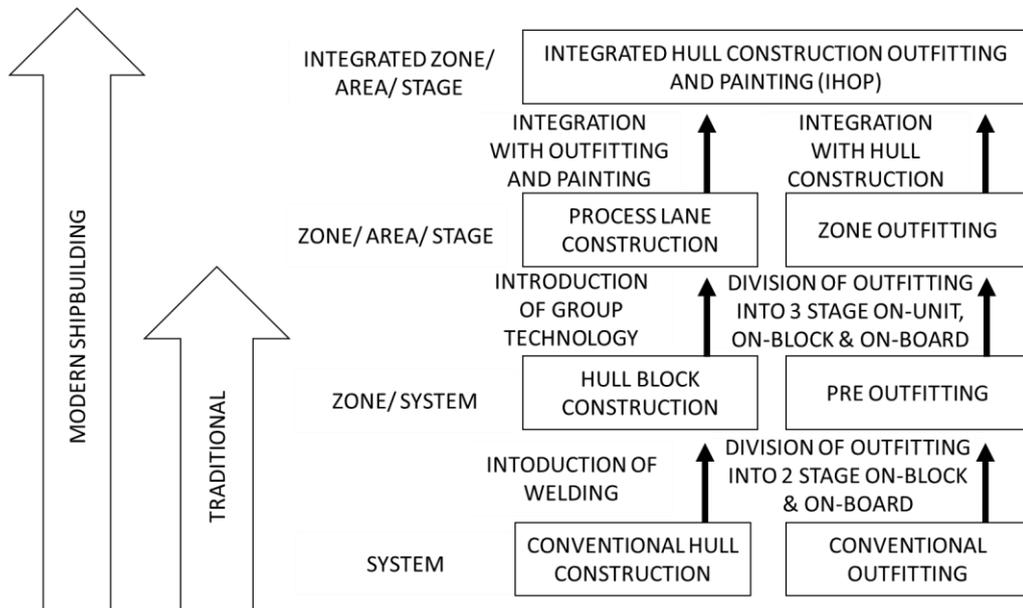
### **2.3 Teknologi Produksi Kapal dan Sistem Pembangunan Blok**

Menurut (Chirillo L.D., 1982), perkembangan teknologi produksi bangunan kapal dapat dibagi ke dalam empat jenis tahapan sesuai dengan teknologi pada proses produksinya seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.

Adapun tahapan perkembangan teknologi produksi kapal sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.1 adalah sebagai berikut:

- a. *Conventional Hull Construction and Outfitting* merupakan teknologi berorientasi pada sistem atau fungsi di kapal dan pekerjaan pembangunan kapal terpusat pada *building berth*. Proses pekerjaan diawali dengan peletakan lunas, kemudian dilanjutkan dengan pemasangan gading, kulit dan seterusnya sampai ke bangunan atas dan diakhiri pada pekerjaan *outfitting* dimana

pekerjaan tersebut dilakukan berdasarkan sistem per sistem.



Gambar 2.1. Sejarah Perkembangan Metode Pembangunan Kapal

(Sumber: Chirillo L.D., 1982)

Tahap ini merupakan penerapan teknologi paling konvensional dengan tingkat produktifitas masih sangat rendah, karena semua lingkup pekerjaan dilakukan secara berurutan dan saling ketergantungan satu sama lain sehingga membutuhkan waktu sangat lama dan mutu pekerjaan sangat rendah. Hal ini dikarenakan hampir seluruh pekerjaan dilakukan secara manual di *building berth*, dimana kondisi tempat kerja kurang mendukung dari segi keamanan, kenyamanan, dan kemudahan kerja.

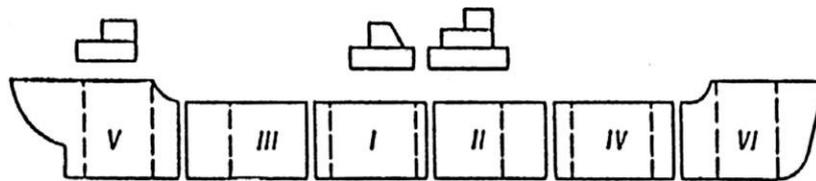
Selanjutnya gambaran tentang proses pada tahap ini adalah pertama-tama lunas diletakkan kemudian komponen-komponen konstruksi kapal seperti gading-gading, penegar-penegar, *wrang* dan kulit dipasang berurutan. Bila lambung kapal telah selesai, barulah pekerjaan *outfitting* dimulai. Pekerjaan

*outfitting* direncanakan dan dikerjakan sistem demi sistem, seperti pemasangan ventilasi, sistem pipa, listrik dan mesin. Pengorganisasian pekerjaan sistem demi sistem ini merupakan halangan untuk mencapai produktivitas tinggi. Mengatur dan mengawasi pekerjaan pembuatan kapal dengan menggunakan ratusan pekerja adalah sangat sukar. Kegagalan seorang pekerja dalam menyelesaikan suatu pekerjaan oleh pekerja lain sering mengakibatkan *overtime* untuk pekerja tersebut dan *idleness* bagi pekerja lain. Selain itu, hampir semua aktivitas produksi dikerjakan di *building berth* pada posisi yang relatif sulit. Dengan demikian semua keadaan tersebut pada prinsipnya akan menghalangi usaha-usaha meningkatkan produktivitas.

- b. *Hull Block Construction Method (HBCM) and Pre Outfitting* merupakan teknologi pembangunan kapal diawali sejak dikenal dan dikembangkannya teknologi pengelasan pada proses pembangunan kapal, dimana kapal sudah sudah dibuat dalam bentuk seksi-seksi dan blok-blok yang kemudian disambung satu sama lain melalui pengelasan menjadi badan kapal pada *building berth*. Selain itu, beberapa pekerjaan *outfitting* sudah mulai dilakukan pada blok atau badan kapal yang telah jadi.

Dengan menerapkan teknologi *HBCM and Pre Outfitting*, keluaran (*output*) dalam satuan *ton-steel/year* mengalami peningkatan dan mutu pekerjaan dihasilkan menjadi lebih baik. Hal ini dikarenakan oleh volume pekerjaan pada *building berth* berkurang dan pekerjaan pengelasan lebih banyak dilakukan pada bengkel-bengkel dengan kondisi lingkungan kerja yang lebih nyaman, aman dan mudah. Pekerjaan pengelasan juga sudah dapat dilakukan dengan

menggunakan mesin las semi- otomatis dengan posisi *down-hand*. Dengan peran lebih ini akan mendapatkan kecepatan pengelasan lebih cepat.



Gambar 2.2. Pembangunan Kapal Sistem Blok

(Sumber: Adzan, 2018)

- c. *Process-lane Hull Construction and Zone Outfitting* merupakan teknologi produksi bangunan kapal sudah dapat dikategorikan sebagai teknologi modern. Pada teknologi ini sudah mulai diperkenalkan dan diterapkan tentang konsep *Group Technology* dalam proses pembangunan badan kapal (*Hull*) dan pekerjaan *outfitting* (Storch, 1995). Ranson (1972) memberikan definisi dari *Group Technology* sebagai pengaturan dan pentahapan yang berdasarkan logika dalam seluruh aspek pelaksanaan perusahaan untuk memperoleh keuntungan dari produksi massal (*mass-product*) yang memiliki keragaman jenis dan kuantitas produk.

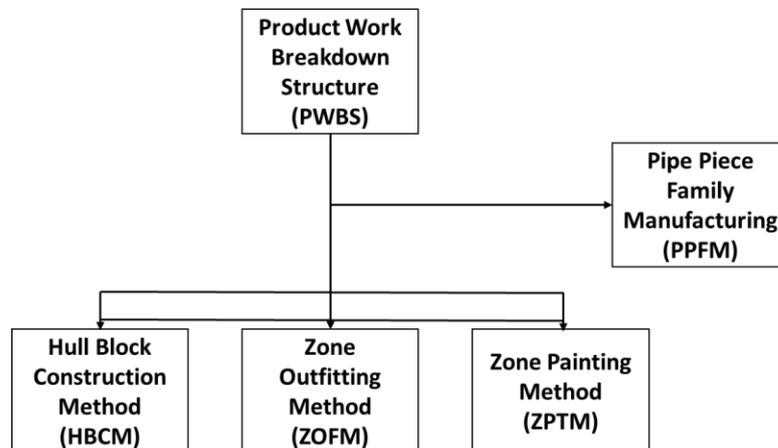
Penggunaan *Group Technology* dalam proses pembangunan kapal dikarenakan rendahnya produktivitas (*high cost*) yang dicapai dalam pembangunan kapal utamanya dalam kurun waktu tahun 1970 sampai dengan tahun 1980 (Storch, 1995).

Melalui konsep *Group Technology* ini, Okayama dan Chirillo (1982) mengemukakan bahwa proses produksi bangunan kapal telah diarahkan pada

sistem yang berorientasikan produk yang dikenal dengan sebutan “*Product-Oriented Work Breakdown Structure (PWBS)*”. Adapun komponen atau lingkup pekerjaan dari sistem PWBS dikelompokkan dalam empat metode yaitu:

- *Hull Block Construction Method (HBCM)*
- *Zone Outfitting Method (ZOFM)*
- *Zone Painting Method (ZPTM)*
- *Pipe Piece Family Manufacturing (PPFM)*

Selanjutnya untuk lebih memperjelas tentang komponen *Product-oriented Work Breakdown Structure (PWBS)*, skema komponen PWBS diperlihatkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Komponen-Komponen Teknologi *PWBS*  
(Sumber: Storch, 1995)

- Integrated Hull Construction, Outfitting and Painting (IHOP)*, merupakan tahapan berikutnya ditandai dengan suatu kondisi dimana pekerjaan pembuatan badan kapal, *Outfitting* dan pengecatan sudah diintegrasikan.

Keadaan ini digunakan untuk menggambarkan teknologi paling *advance* di industri galangankapal, hanya dapat dicapai oleh *Ishikawajiwa harima Heavy Industry Co.Ltd. (IHI)*. Pada tahap ini proses pengecatan dilakukan sebagai bagian dari proses pembuatan kapal di setiap *stage*. Selain itu, karakteristik utama dari tahap ini adalah digunakannya teknik-teknik manajemen analitis, khususnya analisa statistik untuk mengontrol proses produksi atau dikenal sebagai *Accuracy Control System*.

Selain itu metode produksi ini akan dapat mengurangi waktu penyelesaian pembangunan kapal secara drastis. Metode ini juga memberikan keluwesan dimana dibutuhkan dalam memproduksi beragam blok berbeda dengan melengkapi *Outfitting* terlebih dahulu sebelum tahap *erection*. Metode ini akan membawa dampak positif pada proses perencanaan dan koordinasi antara semua bagian organisasi terkait di galangan.

#### **2.4 Konsep PWBS**

PWBS dideskripsikan menggunakan *group technology* (GT) yang biasa juga disebut *family manufacture* (FM), digunakan untuk manajemen proses industri yang dimaksudkan untuk pengembangan sistem yang sangat efisien yang dimulai dengan pengklasifikasian dan tata kode. Penggunaan dimaksudkan untuk mengurangi jumlah penomoran dari komponen-komponen yang berbeda, begitu juga jumlah operasi, ukuran beban/volume kerja. Sehingga tujuan utama GT yaitu untuk mengurangi proses pekerjaan penyimpanan/pergudangan sejauh yang diinginkan. Logikanya PWBS membagi proses produksi kapal menjadi tiga jenis pekerjaan yaitu (Wahyuddin, 2011):

1. Klasifikasi pertama adalah *hull construction*, *outfitting* dan *painting*. Dari ketiga jenis pekerjaan tersebut masing-masing mempunyai masalah dan sifat yang berbeda dari yang lain. Selanjutnya masing-masing pekerjaan kemudian dibagi kedalam tahap fabrikasi dan *assembly*. Subdivisi *assembly* inilah yang terkait dengan zona dan yang merupakan dominasi dasar bagi zona di siklus manajemen pembangunan kapal. Zona yang berorientasi produk, yaitu *Hull Block Construction Method* (HBCM) dan sudah diterapkan untuk konstruksi lambung oleh sebagian besar galangan kapal.
2. Klasifikasi kedua adalah mengklasifikasikan produk berdasarkan produk antara (*interim product*) sesuai dengan sumber daya yang dibutuhkan, misalnya produk antara di bengkel *fabrication*, *assembly* dan bengkel *erection*. Sumber daya tersebut meliputi:
  - a. Bahan (*material*), yang digunakan untuk proses produksi, baik langsung maupun tidak langsung, misalnya pelat baja, mesin, kabel, minyak, dan lain-lain.
  - b. Tenaga kerja (*manpower*), yang dikenakan untuk biaya produksi, baik langsung atau tidak langsung, misalnya tenaga pengelasan, *outfitting* dan lain-lain.
  - c. Fasilitas (*facilities*), yang digunakan untuk proses produksi, baik langsung maupun tidak langsung, misalnya, gedung, dermaga, mesin, perlengkapan, peralatan dan lain-lain.

- d. Beban (*Expenses*), yang dikenakan untuk biaya produksi, baik langsung maupun tidak langsung, misalnya, desain, transportasi, percobaan laut (*sea trial*), upacara, dll.
3. Klasifikasi ketiga adalah klasifikasi berdasarkan empat aspek produksi, hal ini dimaksudkan untuk mempermudah pengendalian proses produksi. Aspek pertama dan kedua adalah *system* dan *zone*, merupakan sarana untuk membagi desain kapal ke masing-masing bidang perencanaan untuk diproduksi. Dua aspek produksi lainnya yaitu *area* dan *stage* merupakan sarana untuk membagi proses kerja mulai dari pengadaan material untuk pembangunan kapal sampai pada saat kapal diserahkan kepada *owner*.
  4. Definisi dari keempat aspek produksi tersebut adalah sebagai berikut:
    - a. Sistem adalah sebuah fungsi struktural atau fungsi operasional produksi, misalnya sekat longitudinal, sekat transversal, sistem tambat, bahan bakar minyak, sistem pelayanan, sistem pencahayaan, dan lain-lain.
    - b. Zona adalah suatu tujuan proses produksi dalam pembagian lokasi suatu produk, misalnya, ruang muat, *superstructure*, kamar mesin, dan lain-lain.
    - c. Area adalah pembagian proses produksi menurut keutamaan proses produksi ataupun masalah pekerjaan yang berdasarkan pada:
      - i. Bentuk (misalnya melengkung dengan blok datar, baja dengan struktur aluminium, diameter kecil dengan diameter besar pipa, dan lain-lain).
      - ii. Kuantitas (misalnya pekerjaan dengan jalur aliran, volume on- blok perlengkapan untuk ruang mesin dengan volume on-blok perlengkapan selain untuk ruang mesin dan lain-lain).

- iii. Kualitas (misalnya kelas pekerja yang dibutuhkan, dengan kelas fasilitas yang dibutuhkan dan lain-lain).
  - iv. Jenis pekerjaan (misalnya, penandaan (*marking*), pemotongan (*cutting*), pembengkokan (*bending*), pengelasan (*welding*), pengecatan (*painting*), pengujian (*testing*), dan lain-lain).
  - v. Hal lain yang berkaitan dalam pekerjaan.
- d. *Stage* adalah pembagian proses produksi sesuai dengan urutan pekerjaan, misalnya sub-pembuatan (*sub-steps of fabrication*), sub- perakitan (*sub assembly*), perakitan (*assembly*), pemasangan (*erection*), perlengkapan on-unit (*outfitting on-unit*), perlengkapan on-block (*outfitting on-block*), dan perlengkapan on-board (*outfitting on-board*).

## **2.5 Teknik Pengelasan**

Pengelasan (*welding*) adalah teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan logam kontinyu (Budi etc., 2015). Perbedaan menggunakan jenis-jenis elektrode akan mempengaruhi kekuatan tarik hasil pengelasan dan perpanjangan (*elongation*). Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan yang utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektrode pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain prosedur pengelasan, bahan, elektroda dan jenis kampuh yang digunakan.

Pengelasan sebagai metode penyambungan telah banyak digunakan untuk konstruksi bangunan aluminium dan konstruksi mesin. Metode pengelasan disamping digunakan untuk penyambungan juga digunakan untuk reparasi atau perbaikan misalnya membuat lapisan keras pada perkakas, mempertebal bagian-bagian konstruksi yang aus. Perancangan sambungan konstruksi bangunan dan konstruksi mesin dengan las harus direncanakan cara pengelasan, bahan las dan jenis las yang digunakan, serta cara pemeriksaannya, berdasarkan fungsi dari bagian-bagian bangunan atau mesin yang dirancang. Berdasarkan definisi dari *DIN (Deutch Industrie Normen)* las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Dari definisi tersebut dapat dijabarkan lebih lanjut bahwa las adalah sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas. Pengelasan (*welding*) adalah salah satu teknik penyambungan logam dengan cara mencairkan sebagian logam induk dan logam pengisi dengan atau tanpa tekanan dan dengan atau tanpa logam penambah dan menghasilkan sambungan yang kontinyu. Penggunaan teknik pengelasan dalam bidang konstruksi dan mesin sangat luas, meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sistem perpipaan, otomotif, kereta api dan lain sebagainya. Sambungan las banyak digunakan dengan pertimbangan bahwa konstruksi ringan, murah dan pengerjaan cepat (Pranata, 2018).

Menurut Sunaryo (2008) bahwa pengerjaan pengelasan dibagi menjadi 3 kelompok utama yaitu:

1. Pengelasan cair merupakan metode pengelasan dimana pada sambungan terjadi pemanasan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar.
2. Pengelasan tekan adalah cara pengelasan dimana sambungan dipanaskan dan kemudian di tekan menjadi satu.
3. Pemantrian adalah cara pengelasan dimana sambungan diikat dan disatukan dengan menggunakan panduan logam yang mempunyai titik cair rendah.

## **2.6 Kualifikasi Pengelasan**

Perusahaan pembuat kapal bertanggung jawab terhadap pengelasan yang terjadi dan suatu pengelasan konstruksi kapal tidak diperbolehkan dilas sebelum prosedur pengelasan (*welding procedure*) dan weldernya dikualifikasi sesuai suatu kode yang diakui oleh pihakpihak yang berkepentingan dengan suatu produk.

Ada 2 hal kualifikasi pengelasan yang harus dipenuhi yaitu:

1. Kualifikasi prosedur las (*Welding Procedure Qualification*) atau biasa disingkat dengan WPS.
2. Kualifikasi juru las/operator las (*Welder/Welding Operator Qualifikation*).

Qualifikasi tersebut meliputi proses las, posisi las, material dan batas jangkauan tebal pelat atau diameter material yang dilas (Sunaryo, 2008).

### **2.6.1 *Welding Procedure Qualification (WPS)***

*Welding Procedure Spesification (WPS)* Sebelum proses pengerjaan pengelasan dalam suatu proses produksi/ proyek dilakukan, harus terlebih dahulu dibuat *Welding Procedure Specification (WPS)*. *WPS* adalah dokumen resmi yang

menjelaskan prosedur pengelasan yang harus dilakukan dalam suatu proses produksi/proyek. *AWS (American Welding Society)* menyatakan bahwa *WPS* menyediakan informasi detail tentang variabel pengelasan sehingga dapat dipastikan pekerjaan pengelasan tersebut dapat dilakukan oleh seorang welder.

Ada empat tahap dalam kualifikasi *welding* prosedur menurut (Wiryosumarto etc., 1996), yaitu sebagai berikut:

- a. Persiapan dari Prosedur Kualifikasi benda uji.
- b. Pengujian *Procedure Qualification* dari sambungan las.
- c. Evaluasi hasil pengujian.
- d. Pengesahan dari *Qualification Test* dan *Procedures Specifications*.

Prosedur Pengelasan (*WPS*) adalah suatu perencanaan untuk pelaksanaan pengelasan yang meliputi cara pembuatan konstruksi pengelasan yang sesuai dengan rencana dan spesifikasinya dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut. Karena itu mereka yang menentukan prosedur pengelasan harus mempunyai pengetahuan dalam hal pengetahuan bahan dan teknologi pengelasan itu sendiri serta dapat menggunakan pengetahuan tersebut untuk efisiensi dari suatu aktivitas produksi.

Di dalam pembuatan prosedur pengelasan (*WPS*) code atau standar yang lazim dipakai dinegara kita adalah *American Standard (ASME, AWS dan API)*. Selain *American Standard Design* dan fabrikasi yang sering kita jumpai adalah *British Standard (BS)*, *Germany Standard (DIN)*, *Japanese Standard (JIS)* dan *International Standard of Organization (ISO)*. Akan tetapi, hingga saat ini standar yang paling sering dijadikan acuan untuk pembuatan prosedur pengelasan *ASME*

*Code Sect IX (Boiler, Pressure Vessel, Heat Exchanger, Storage Tank), API Std 1104 (Pipeline) dan AWS (Structure & Plat Form).*

*Welding Procedure Specification (WPS)* adalah Prosedur yang digunakan sebagai acuan untuk melaksanakan Proses pengelasan yang meliputi rancangan rinci dari teknik pengelasan yang sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan. Dalam hal ini prosedur pengelasan merupakan langkah-langkah pelaksanaan pengelasan untuk mendapatkan mutu pengelasan yang memenuhi syarat.

Dalam prosedur Pengelasan (*WPS*) harus ditampilkan variabel-variabel yang mempengaruhi kualitas hasil pengelasan. Variabel-variabel itu dapat digolongkan menjadi 3 (tiga) kelompok:

- a) *Essential* Variabel. Suatu variabel yang bila diubah akan berpengaruh pada *mechanical properties* hasil pengelasan.
- b) *Supplement Essential* Variabel. Suatu variabel yang bila diubah akan berpengaruh pada nilai *impact* hasil pengelasan.
- c) *Non Essential* Variabel. Suatu variabel bila diubah tidak akan mempengaruhi nilai *impact* dan *mechanical properties* hasil pengelasan.

### **2.6.2 Langkah-langkah Pembuatan Prosedur Pengelasan**

Pada umumnya langkah pertama dalam pembuatan *WPS* adalah dengan menyusun *draft/preliminary procedure* pengelasan yang terdiri dari aktivitas:

- a) Melakukan pengelasan pada *test coupon* sesuai dengan parameter- parameter pengelasan yang telah tertulis dalam *draft procedure* tersebut.
- b) Membuat test specimen dan melakukan uji spesimen dengan *Destructive Test*.
- c) Mengevaluasi hasil *Destructive Test* dengan *Standard/code* yang digunakan.

- d) Mencatat dan mensertifikasi hasil uji tersebut pada lembar *i* (*PQR*).

### **2.6.3 Faktor Utama Penyusunan Pengelesan**

Berikut ini adalah faktor utama dalam menyusun *WPS* yang perlu diperhatikan, yaitu:

- a) Apakah jenis material induknya (*Base Metal*).
- b) Jenis proses *welding* yang digunakan.
- c) Jenis kawat las yang dipakai.
- d) Kondisi pemakaian alat yang akan di las.

Faktor tambahan yang diperhatikan dalam penyusunan *WPS* selain pada persyaratan utama diatas antara lain:

- a) *Compability* antara kawat las dan material induk (*Base Metal*).
- b) Sifat-sifat metalurgi dari material tersebut khususnya kemampuan material untuk dapat di las (*weldability*).
- c) Proses pemanasan (*Preheat, Post Heat, Interpass Temperatur Dan PWHT*).
- d) Desain sambungan dan beban.
- e) *Mechanical properties* yang diinginkan.
- f) Lingkungan kerja (*enviroment work*) pada *equipment* tersebut.
- g) Kemampuan *welder*.
- h) *Safety*.

### **2.6.4 Cara Mengkualifikasi Prosedur Pengelasan**

Langkah – langkah dalam melakukan kualifikasi prosedur pengelasan, yaitu sebagai berikut:

- a) Membuat *Test Coupon*.
- b) Melakukan pengelasan pada *test coupon* dengan parameter-parameter sesuai yang tercantum dalam draft prosedur pengelasan (*WPS*). Hal-hal yang dianjurkan adalah mencatat semua variabel *esensial*, *non esensial* maupun *Supplementary essential*.
- c) Memotong *test coupon* untuk dijadikan *specimen test DT (Destructive Test)*.
- d) Jika hasil test *DT* dinyatakan *accepted* harus di *record* pada Prosedur Kualifikasi Pengelasan (*PQR*).

## **2.7 Jenis Proses Pengelasan**

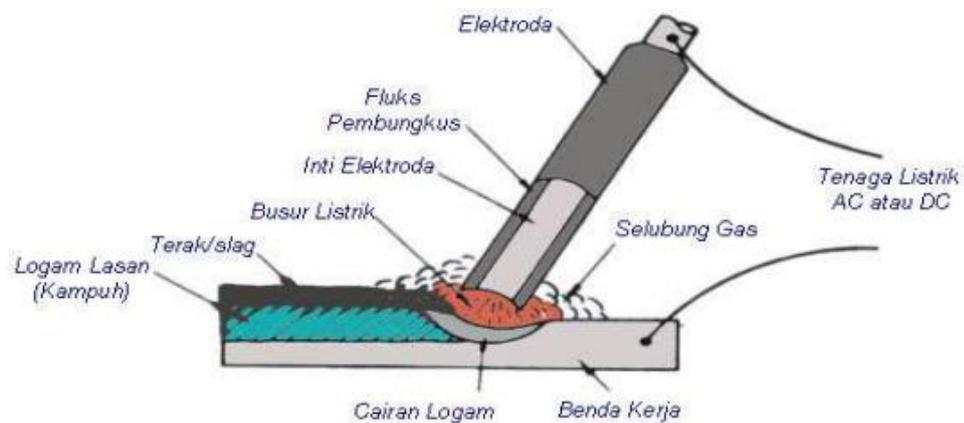
Teknologi pengelasan banyak digunakan dalam industri fabrikasi. Dalam industri kapal, teknologi pengelasan digunakan untuk menyambung baja pada kapal dengan mengikuti standar yang berlaku untuk pembangunan kapal. Pada umumnya pengelasan badan kapal banyak digunakan pengelasan dengan metode *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* dan *Flux Cored Arc Welding (FCAW)* (Sunaryo, 2008).

### **2.7.1 *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)***

*Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* dikenal juga dengan istilah *Manual Metal Arc Welding (MMAW)* atau las elektroda terbungkus adalah suatu proses penyambungan dua keping logam atau lebih, menjadi suatu sambungan yang tetap, dengan menggunakan sumber panas listrik dan bahan tambah/pengisi berupa elektroda terbungkus (Nurfitriana, 2016).

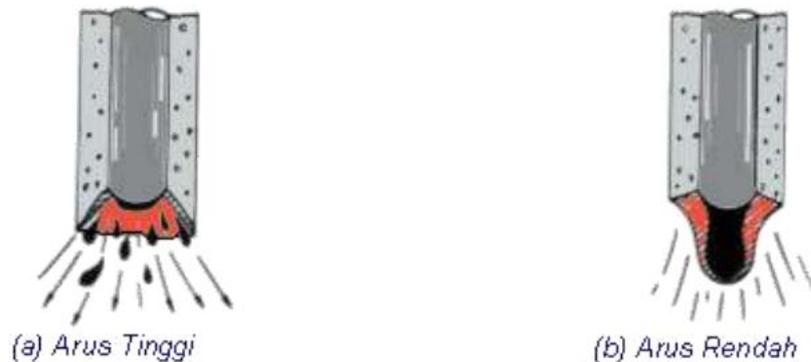
Pada proses las elektroda terbungkus, busur api listrik yang terjadi antara ujung elektroda dan logam induk atau benda kerja (*base metal*) akan menghasilkan

panas. Panas tersebut yang mencairkan ujung elektroda (kawat las) dan benda kerja secara setempat. Busur listrik yang ada dibangkitkan oleh mesin las. Elektroda yang dipakai berupa kawat yang dibungkus oleh pelindung berupa fluks. Dengan adanya pencairan ini maka kampuh las akan terisi oleh logam cair yang berasal dari elektroda dan logam induk, terbentuklah kawah cair, lalu membeku maka terjadilah logam lasan (*weldment*) dan terak (*slag*), seperti pada Gambar 2.4 (Nurfitriana, 2016).



Gambar 2.4. Proses Pengelasan SMAW  
(Sumber: Nurfitriana, 2016)

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butiran-butiran yang terbawa oleh arus dari pada busur listrik yang terjadi. Apabila menggunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cairnya yang terbawa akan menjadi halus sebaliknya bila arus yang dipakai kecil maka butirannya akan menjadi lebih besar, seperti pada Gambar 2.5 (Nurfitriana, 2016).



Gambar 2.5. Pemindahan Logam Cair  
(Sumber: Nurfitriana, 2016)

Proses pemindahan logam cair seperti diterangkan diatas sangat mempengaruhi dari sifat-sifat mampu las dari logam. Secara umum dapat dikatakan bahwa mempunyai sifat mampu las tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran yang halus, sedangkan proses pemindahan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan juga oleh komposisi bahan pembungkus elektroda (fluks) yang digunakan. Selama proses pengelasan terjadi fluks yang digunakan sebagai bahan pembungkus elektroda mencair dan terapung pada cairan kawah las lalu membeku menutupi deposit las menjadi terak las atau yang disebut slag. Slag inilah yang akan melindungi hasil lasan yang baru membeku agar tidak terpengaruh oleh udara luar (oksidasi). Pada saat itu juga bahan fluks yang terbakar berubah menjadi gas yang berfungsi sabagai bahan pelindung dari udara luar terhadap oksidasi dan juga sebagai pemantap busur (Nurfitriana, 2016).

### 2.7.2 Flux Cored Arc Welding (FCAW)

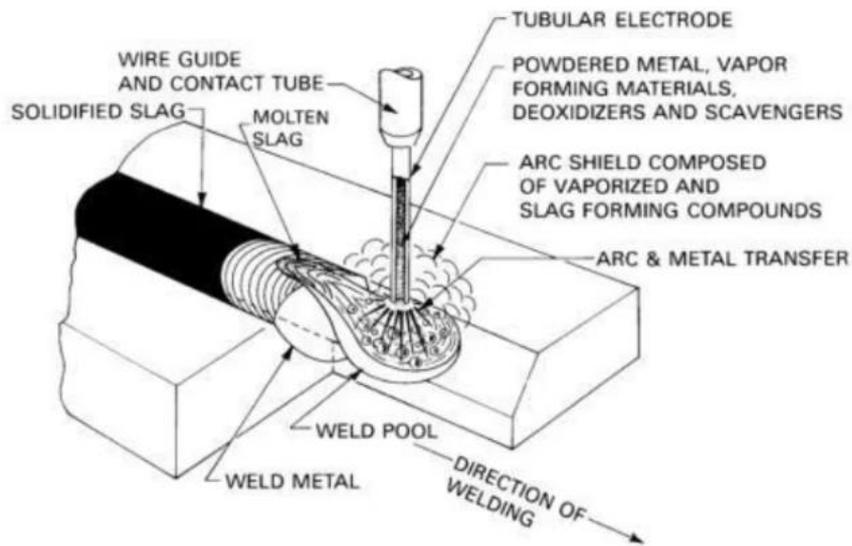
*Flux cored arc welding (FCAW)* merupakan las busur listrik fluk inti tengah atau pelindung inti tengah. *FCAW* merupakan kombinasi antara proses *SMAW*,

*GMAW* dan *SAW*. Sumber energi pengelasan yaitu dengan menggunakan arus listrik *AC* atau *DC* dari pembangkit listrik atau melalui trafo dan atau *rectifier*. *FCAW* adalah salah satu jenis las listrik yang memasok filler elektroda secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung filler elektroda dan metal induk. Gas pelindungnya juga sama-sama menggunakan karbon dioksida  $CO_2$ .

*Flux cored arc welding* atau las busur berinti flux mirip dengan proses las *GMAW*, yaitu menggunakan elektroda solid dan tubular yang diumpankan secara kontinyu dari sebuah gulungan. Elektroda diumpankan melalui gun atau torch sambil menjaga busur yang terbentuk diantara ujung elektroda dengan *base metal*. *FCAW* menggunakan elektroda dimana terdapat serbuk flux di dalam batangnya. Butiran-butiran dalam inti kawat ini menghasilkan sebagian atau semua shielding gas yang diperlukan. Jadi berlawanan dengan *GMAW*, dimana seluruh gas pelindung berasal dari sumber luar. *FCAW* bisa juga menggunakan gas pelindung tambahan, tergantung dari jenis elektroda, logam yang dilas, dan sifat dari pengelasan yang dikerjakan.

Ada dua jenis variasi *FCAW* yang memiliki kegunaan berbeda-beda tergantung dari metode gas pelindung, yaitu *Gas Shielded (FCAW-G)* dan *Self-shielded (FCAW-SS)*. Berdasarkan metode pelindung, *FCAW* dibedakan (Nurfitriana, 2016):

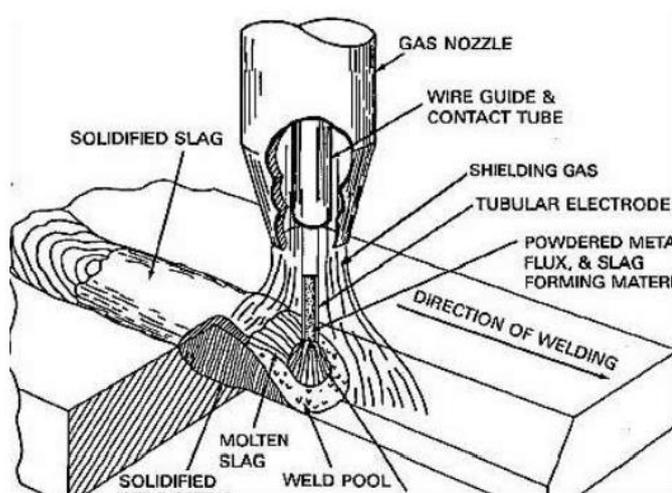
- a. *Self shielding FCAW* (Pelindungan sendiri), yaitu melindungi las yang mencair dengan gas dari hasil penguapan dan reaksi inti fluks, seperti pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. *Self-Shielding Flux Core Arc Welding*

(Sumber: Nurfitriana, 2016)

- b. *Gas shielding FCAW* (perlindungan gas) atau dual gas, yaitu melindungi las yang mencair selain dengan gas sendiri juga ditambah gas pelindung dari luar sistem, seperti pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. *Gas-Shielding Flux Core Arc Welding*

(Nurfitriana, 2016)

Sifat-sifat utama (*Principal features*) *FCAW* dalam proses pengelasan, di antaranya:

1. Produktivitas yang kontinu dari pasokan elektroda las.
2. Sifat metalurgi las yang dapat dikontrol dari pemilihan fluks.
3. Pembentukan manik las yang cair dapat ditopang oleh slag yang tebal dan kuat.

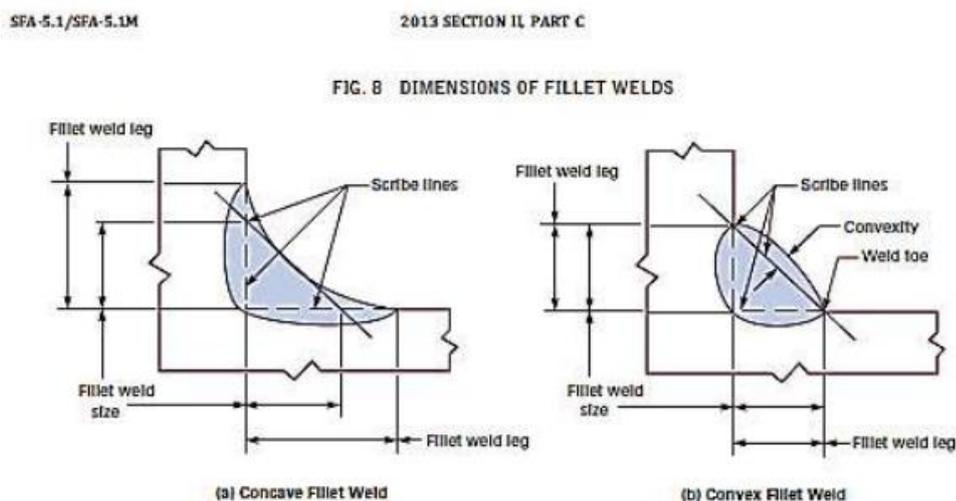
Pelindung gas umumnya menggunakan gas  $\text{CO}_2$  atau campuran  $\text{CO}_2$  dengan Argon. Namun dengan keberadaan oksigen kadang menimbulkan masalah baru yaitu dengan porositas yang dihasilkan reaksi  $\text{CO}_2$  dan oksigen yang ada di udara sekitar lasan, sehingga perlu memilih fluks yang mengandung zat yang bersifat pengikat oksigen atau *deoxydizer*.

Mesin las *FCAW* menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current (DC)*, mesin las arus bolak-balik atau *Alternating Current (AC)* dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (*DC*) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (*AC*). Mesin Las arus *DC* dapat digunakan dengan dua cara yaitu polaritas lurus dan polaritas terbalik. Mesin las *DC* polaritas lurus (*DC-*) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, sedangkan untuk mesin las *DC* polaritas terbalik (*DC+*) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang fillernya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif. Pilihan ketika menggunakan *DC* polaritas negatif atau positif adalah terutama ditentukan

elektroda yang digunakan. Beberapa filler *FCAW* didesain untuk digunakan hanya *DC* atau *DC+*. Filler lain dapat menggunakan keduanya *DC-* dan *DC+*.

Elektroda pada *FCAW* adalah yang didalamnya ada lubangnya. Biasanya elektroda ini terdiri dari paduan baja karbon rendah yang mengelilingi inti bahan. Elektroda *FCAW-G* dapat digunakan untuk mengelas *carbon steel*, *low alloy steel* dan *stainless steel*. Berpedoman pada *AWS*, elektroda-elektroda yang digunakan pada pengelasan *FCAW* dibicarakan pada pasal 1.3.3. Pada pengelasan *carbon steel* dan *low alloy steel*, elektroda berinti flux yang banyak dipakai adalah dari jenis T-1 (*acid slag*), T-2 (*single pass welding*) dan T-5 (*basic slag*).

Untuk mempermudah dalam proses pengelasan, perlu adanya kampuh agar filler dapat mengisi logam induk yang akan disambung. Kampuh akan diperlukan jika ketebalan material yang akan dilas lebih dari 6 mm (*ASME section IX*). Ada jenis kampuh yang biasanya digunakan dalam pengelasan pada sambungan-T seperti yang terlihat pada Gambar 2.8 (Nurfitriana, 2016).



Gambar 2.8. *Fillet Weld* pada pengelasan *Joint-T*

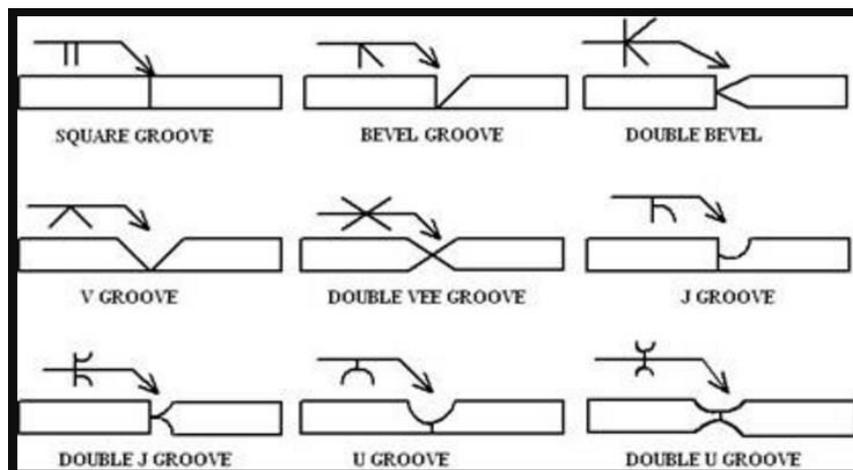
(Sumber: Nurfitriana, 2016)

## 2.8 Klasifikasi Sambungan Las

Sambungan Pengelasan adalah tipe sambungan material atau plat yang digunakan untuk proses pengelasan dengan tujuan untuk mendapatkan penetrasi dan hasil sambungan yang maksimal. Jenis sambungan las mempunyai beberapa macam yang menjadi jenis sambungan utama yaitu Sambungan Tumpul (*Butt Joint*), *Fillet (T) Joint*, *Corner Joint*, *Lap Joint* dan *Paralel Joint*.

### 2.8.1 Sambungan Tumpul

Sambungan tumpul adalah jenis sambungan yang paling efisien. Sambungan ini dibagi lagi menjadi dua yaitu sambungan penetrasi penuh dan sambungan penetrasi sebagian. Sambungan penetrasi penuh dibagi lebih lanjut menjadi sambungan tanpa pelat pembantu dan sambungan dengan pelat pembantu yang masih dibagi lagi dalam pelat pembantu yang turut menjadi bagian dari konstruksi dan pelat pembantu yang hanya sebagai penolong pada waktu proses pengelasan saja, seperti pada Gambar 2.9 (Nurfitriana, 2016).

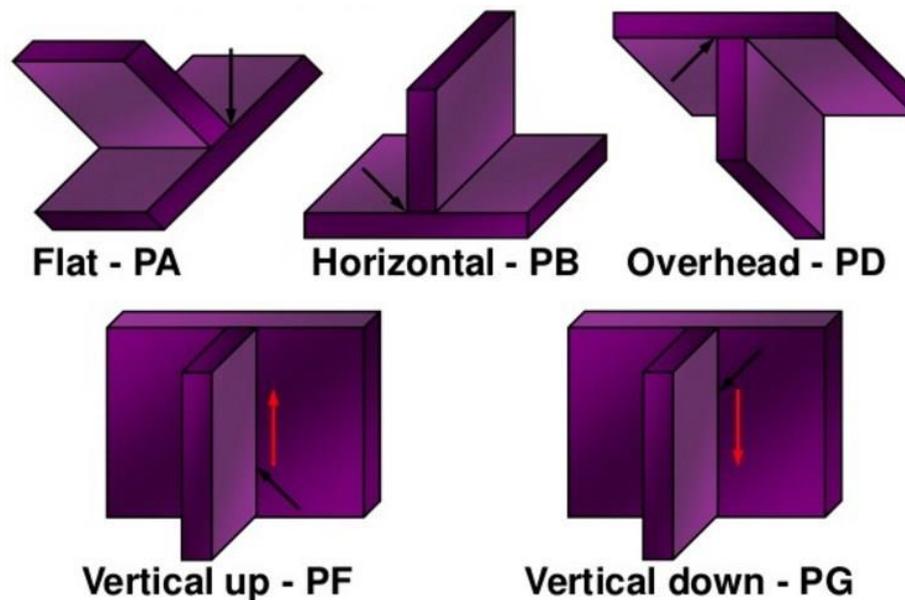


Gambar 2.9. Alur Sambungan Las Tumpul

(Sumber: Nurfitriana, 2016)

### 2.8.2 Sambungan Bentuk T dan Bentuk Silang

Pada kedua sambungan ini secara garis besar dibagi dalam dua jenis yaitu jenis las dengan alur dan jenis las sudut. Hal-hal yang dijelaskan untuk sambungan tumpul di atas juga berlaku untuk sambungan jenis ini. Dalam pelaksanaan pengelasan mungkin sekali ada bagian batang yang menghalangi yang dalam hal ini dapat diatasi dengan memperbesar sudut alur, seperti pada Gambar 2.10 (Nurfitriana, 2016).



Gambar 2.10. Sambungan T

(Nurfitriana, 2016)

### 2.8.3 Sambungan Sudut

Dalam sambungan ini dapat terjadi penyusutan dalam arah tebal pelat yang dapat menyebabkan terjadinya retak lamel. Hal ini dapat dihindari dengan membuat alur pada pelat tegak. Apabila pengelasan dalam tidak dapat dilakukan karena sempitnya ruang, maka pelaksanaannya dapat dilakukan dengan pengelasan tembus

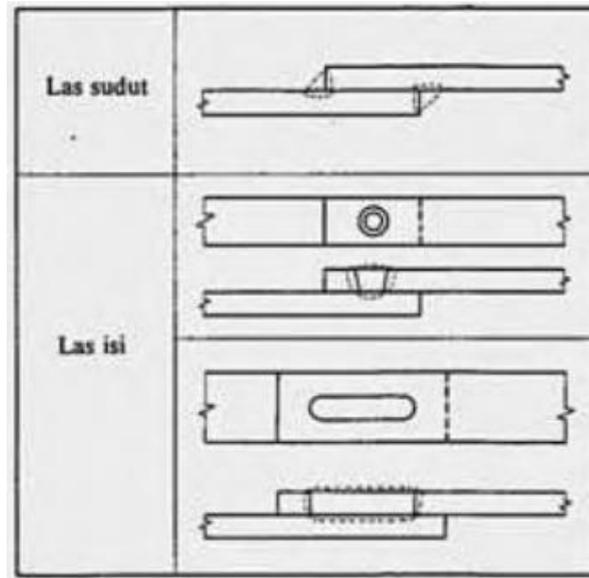
atau pengelasan dengan pelat pembantu, seperti pada Gambar 2.11 (Nurfitriana, 2016).

Lasan dengan alur	Lasan penetrasi penuh								
	Lasan penetrasi sebagian								—
Gabungan lasan dengan alur dan las sudut						—	—	—	—
Las sudut									

Gambar 2.11. Macam-macam sambungan sudut  
(Sumber: Nurfitriana, 2016)

#### 2.8.4 Sambungan Tumpang

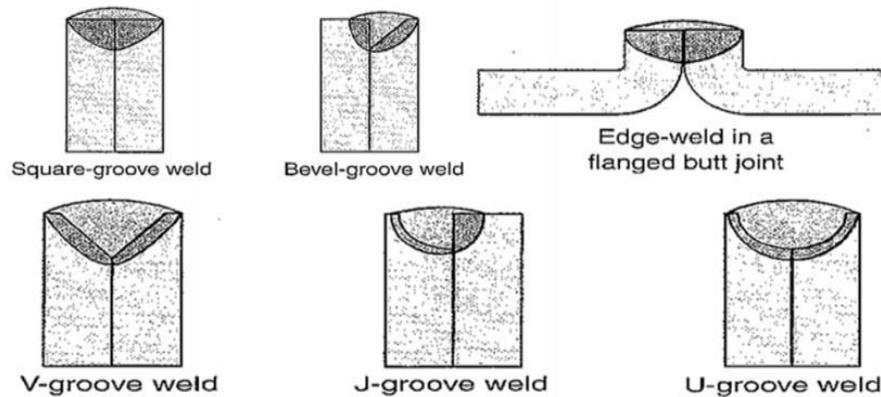
Sambungan tumpang dibagi dalam 3 jenis, yaitu las sudut dan las isi. Karena sambungan ini efisiensinya rendah, maka jarang sekali digunakan untuk pelaksanaan penyambungan konstruksi utama. Sambungan tumpang biasanya dilaksanakan dengan las sudut dan las isi, seperti pada Gambar 2.12 (Nurfitriana, 2016).



Gambar 2.12. Sambungan Tumpang  
(Sumber: Nurfitriana, 2016)

### 2.8.5 Sambungan Sisi

Sambungan sisi dibagi dalam sambungan las dengan alur dan sambungan las ujung. Untuk jenis lasan dengan alur, pada pelatnya harus dibuat alur sedangkan pada jenis las ujung dilakukan pada ujung pelat tanpa ada alur. Jenis las ujung biasanya hasilnya kurang memuaskan kecuali bila pengelasannya dilakukan dalam posisi datar dengan aliran listrik yang tinggi. Karena hal ini, maka jenis las ujung hanya dipakai untuk pengelasan tambahan atau sementara pada pengelasan pelat – pelat yang tebal, seperti pada Gambar 2.13 (Nurfitriana, 2016).



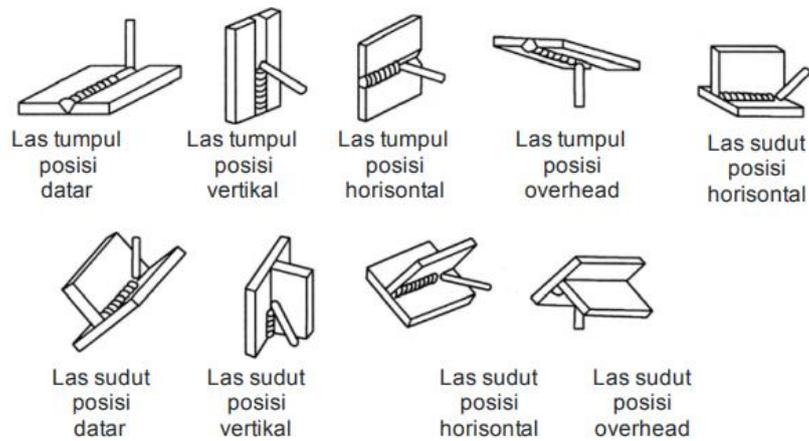
Gambar 2.13. Sambungan Sisi

(Sumber: Nurfitriana, 2016)

Sambungan las berfungsi untuk mengikat dua material logam dengan kekuatan minimal sama dengan material logam yang dilakukan pengelasan. Untuk memudahkan proses penyambungan maka dibuat sebuah bentuk sambungan dan kampuh las agar hasilnya maksimal.

## 2.9 Posisi Pengelasan

Terdapat empat posisi pengelasan: datar, vertikal, horisontal dan diatas kepala (overhead), seperti ditampilkan pada Gambar 2.14. Ketinggian meja dan bangku kerja harus disetel untuk memudahkan pengelasan dilakukan pada posisi yang nyaman dan untuk mempertinggi efisiensi. Pengelasan overhead dan pengelasan pipa sangat sulit sehingga sambungan-sambungan yang sangat dapat diandalkan dan efisiensi pengelasan yang tinggi belum dapat diharapkan meskipun dengan juru las terlatih. Oleh karena itu sedapat mungkin pengelasan dilakukan dalam posisi datar dengan menggunakan positioner (Sunaryo, 2008).



Gambar 2.14. Macam-Macam Posisi Pengelasan  
(Sumber: Sunaryo, 2008)

## 2.10 Elektroda Las

Berdasarkan klasifikasi *American Welding Society (AWS)*, kode elektroda dinyatakan dengan huruf E dan diikuti dengan empat atau lima digit angka yang artinya adalah sebagai berikut: E = Elektroda, dua atau tiga digit pertama: menunjukkan nilai kekuatan tarik minimum x 1000 psi pada hasil pengelasan yang diperkenankan (Sardana, 2019).

Digit ketiga atau empat: menunjukkan tentang posisi pengelasan yang artinya sebagai berikut:

- 1 = Elektroda dapat digunakan untuk semua posisi (E xx1x).
- 2 = Elektroda dapat digunakan untuk posisi di bawah tangan (E xx2x).
- 3 = Hanya untuk posisi di bawah tangan saja (E xx3x).
- 4 = Untuk semua posisi kecuali arah turun (E xx4x).

Digit terakhir (keempat atau kelima) menunjukkan jenis arus dan tipe salutan. Digit tersebut mulai dari 0 sampai 8 yang menunjukkan tipe arus dan

polaritas yang digunakan, dimana ada empat pengelompokan yang dapat menunjukkan tipe arus untuk tiap tipe elektroda, yaitu:

1. Elektroda dengan digit terakhirnya 0 dan 5 dapat digunakan hanya untuk tipe arus searah polaritas terbalik (*DCRP*).
2. Elektroda dengan digit terakhirnya 2 dan 7 dapat digunakan untuk arus bolak balik (*AC*) atau arus searah polaritas lurus (*DCSP*).
3. Elektroda dengan digit terakhirnya 3 dan 4 dapat digunakan untuk arus bolak balik (*AC*) atau arus searah polaritas terbalik dan lurus (*DCRP* dan *DCSP*).
4. Elektroda dengan digit terakhirnya 1, 6 dan 8 dapat digunakan untuk arus bolak balik (*AC*) atau arus searah polaritas terbalik (*DCRP*).

Khusus untuk tipe salutan fluks elektroda, secara umum adalah sebagai berikut: 1,0 dan 1 = tipe salutannya adalah: *celluloce* (E xxx0 atau E xxx1).

2,3 dan 4 = tipe salutannya adalah: *rutile* (E xxx2, E xxx3 atau E xxx4).

5,6 dan 8 = tipe salutannya adalah: *basic* (E xxx5, E xxx6).

7 = tipe salutannya adalah: oksida besi (E xxx7).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka elektroda E 6013 adalah jenis elektroda las dengan kekuatan tarik minimum 60.000 psi, elektroda dapat digunakan untuk semua posisi pengelasan, dan tipe salutan (*fluks*) adalah Rutile (Titania Potasium) (Sardana, 2019).

Elektroda terbungkus sudah banyak yang distandarkan penggunaannya, standarisasi elektroda berdasarkan *JIS* didasarkan pada jenis fluks, posisi pengelasan dan arus las (Santhiarsa & Budiarsa, 2008).

### **2.10.1 Panjang Pengelasan Per Batang dan Utilitasi Elektroda**

Panjang pengelasan dalam satu batang elektroda pada untuk semua posisi menghasilkan 150 mm untuk satu batang elektroda las (Agussalim, 2018).

Utilitasi elektroda merupakan nilai efisiensi pencapaian dari penggunaan elektroda. Beberapa hasil penelitian menunjukkan nilai utilitasi elektroda berdiameter 4 mm dan panjang 400 mm berdasarkan posisi pengelasan sebagai berikut:

- a. Posisi *Downhand*: Menurut Kadapid Muhammad utilitasi elektroda untuk posisi *Downhand* sebesar 96 %.
- b. Posisi *Horizontal*: Menurut Yusuf, M utilitasi elektroda untuk posisi *Horizontal* sebesar 93.3 % atau 93 %.
- c. Posisi *Vertical*: Menurut Safrillah, 2008 utilitasi elektroda untuk posisi vertikal sebesar 92,91 % atau 93 %.
- d. Posisi *Overhead*: Menurut Dualembangan Arnold Buntu, 2007 utilitasi elektroda untuk posisi *Overhead* sebesar 92.45 % atau 92 %.

### **2.10.2 Berat Satu Batang Elektroda**

Menurut penelitian Welly Krisbiyantoro (2011), berat satu batang elektroda dari satu dos elektroda berdiameter 4 mm dengan berat 5 Kg adalah 54,852 gr atau 0,05 kg (Agussalim, 2018).

## **2.11 Produktivitas**

Secara umum, produktivitas diartikan sebagai hubungan antara hasil nyata maupun fisik (barang atau jasa) dengan masukan yang sebenarnya. Artinya

perbandingan antara hasil keluaran dengan hasil yang masuk atau *output : input*. Masukan sering dibatasi dengan masukan tenaga kerja. Sedangkan keluaran diukur dalam kesatuan fisik, bentuk dan nilai.

Produktivitas juga diartikan sebagai tingkatan efisiensi dalam memproduksi barang atau jasa. Ukuran produktivitas yang paling terkenal berkaitan dengan tenaga kerja yang dapat dihitung dengan membagi pengeluaran oleh jumlah yang digunakan atau jam-jam kerja orang.

L. Greenberg mendefinisikan produktivitas sebagai perbandingan antara totalitas pengeluaran pada waktu tertentu dibagi totalitas masukan selama periode tersebut. Pada dasarnya produktivitas mencakup sikap mental patriotik yang memandang hari depan secara optimis dengan berakar pada keyakinan diri bahwa kehidupan hari ini adalah lebih baik dari hari kemarin dan hari esok lebih baik dari hari ini (Irfan, 2014).

### **2.11.1 Produktivitas Kerja**

Produktivitas kerja adalah ukuran mengenai apa yang telah diperoleh dari apa yang telah diberikan oleh karyawan dalam melaksanakan pekerjaan yang telah dibebankan pada kurun waktu tertentu. Produktivitas kerja melibatkan peran aktif tenaga kerja untuk menghasilkan hasil maksimal dengan melihat kualitas dan kuantitas pekerjaan mereka. Dengan bekerja, individu bisa memnuhi kebutuhan hidupnya, mencukupi kebutuhan keluarganya dan berbuat baik terhadap tetangganya.

Pada dasarnya setiap perusahaan berupaya untuk meningkatkan produktivitasnya. Tujuan dari peningkatan produktivitas ini adalah untuk

meningkatkan efisiensi material, meminimalkan biaya per-unit produk dan memaksimalkan output per-jam kerja. Peningkatan produktivitas tenaga kerja merupakan hal yang penting, mengingat manusia lah yang mengelola modal, sumber alam dan teknologi, sehingga dapat memperoleh keuntungan darinya..

Dengan demikian, produktivitas kerja suatu organisasi sangat dipengaruhi oleh produktivitas kerja karyawannya. Sedangkan produktivitas kerja karyawan sangat dipengaruhi oleh faktor motivasi, budaya kerja, juga faktor-faktor lain seperti kepemimpinan, tingkat pendidikan, etos kerja, dan sebagainya (Irfan, 2014).

### **2.11.2 Pengukuran Produktivitas**

Sebelum produktivitas suatu tenaga kerja diketahui, perlu dilakukan observasi atau pengamatan terhadap sumber daya tenaga kerja guna untuk mengetahui penyebab penyimpangan yang tidak diharapkan di tempat kerja. Dalam penelitian ini, pengamatan dilakukan dengan metode *productivity rating*. Dalam metode ini, pekerja yang diamati akan diklasifikasikan dalam 3 kategori yaitu (Irfan, 2014):

1. *Essential contributory work*, ESW (pekerjaan yang tidak secara langsung):
  - a. Mengangkut peralatan yang berhubungan dengan pekerjaan.
  - b. Membaca gambar proyek.
  - c. Menerima instruksi pekerjaan .
  - d. Mendiskusikan pekerjaan.
2. *Effective work*, EW (pekerjaan efektif).

Bekerja disaat waktunya bekerja tanpa mengambil istirahat diluar jam kerja.
3. *Not useful*, (pekerjaan tidak efektif).

- a. Pekerja yang istirahat sebelum tibanya waktu untuk istirahat.
- b. Meninggalkan zona pengerjaan dan ngobrol disaat kerja sehingga pekerjaan yang dilakukan tidak maksimal.

### **2.11.3 Kinerja Kerja**

Menurut Afandi (2018) Kinerja adalah hasil kerja yang dapat dicapai oleh seseorang atau kelompok orang dalam suatu perusahaan sesuai dengan wewenang dan tanggung jawab masing-masing dalam upaya pencapaian tujuan organisasi secara illegal, tidak melanggar hukum dan tidak bertentangan dengan moral dan etika. Menurut Mangkunegara (2009:67) pengertian kinerja (prestasi kerja) adalah hasil kerja secara kualitas dan kuantitas yang dicapai oleh seseorang pegawai dalam melaksanakan tugasnya sesuai dengan tanggungjawab yang diberikan kepadanya.

Menurut Wibowo (2010:4) Kinerja adalah implementasi dari rencana yang telah disusun tersebut. Implementasi kinerja dilakukan oleh sumber daya manusia yang memiliki kemampuan kompetensi motivasi dan kepentingan. Bagaimana organisasi menghargai dan memperlakukan sumber daya manusianya akan memengaruhi sikap dan perilakunya dalam menjalankan kinerja.

Menurut Henry Simamora dikutip dan diterjemahkan oleh Dina Nurhayati (2008: 7) “Kinerja karyawan adalah tingkat dimana para karyawan mencapai persyaratan-persyaratan pekerjaan”. Menurut Malayu S.P. Hasibuan (2006: 94) menjelaskan bahwa “Kinerja merupakan hasil kerja yang dicapai seseorang dalam melaksanakan tugas-tugas yang dibebankan kepadanya didasarkan atas kecakapan, pengalaman, kesungguhan serta waktu”.

Sedangkan menurut Suyadi Prawirosentono (2008: 2) “Kinerja atau dalam bahasa Inggris adalah performance”, yaitu: Hasil kerja yang dapat dicapai oleh seseorang atau sekelompok orang dalam organisasi, sesuai dengan wewenang dan tanggung jawab masing-masing dalam rangka upaya mencapai tujuan organisasi bersangkutan secara legal, tidak melanggar hukum dan sesuai dengan moral maupun etika.

Dari beberapa pendapat di atas maka dapat diketahui bahwa kinerja merupakan hasil kerja yang dicapai oleh seseorang pegawai sesuai dengan pekerjaan yang diberikan kepadanya dalam waktu tertentu. Kinerja juga merupakan perwujudan kerja yang dilakukan oleh pegawai yang biasanya digunakan sebagai dasar penilaian terhadap pegawai atau organisasi. Kinerja yang baik merupakan suatu langkah utama untuk menuju tercapainya suatu tujuan organisasi (Irfan, 2014).

## **2.12 Metode Statistik**

Statistika adalah ilmu pengetahuan yang berhubungan dengan cara-cara pengumpulan, penyajian, pengolahan, analisis data, dan penarikan kesimpulan dari hasil analisis serta menentukan keputusan. Metode statistik adalah prosedur yang digunakan dalam pengumpulan, penyajian analisis dan penafsiran data (Arisena, 2019).

### **2.12.1 Data**

Setiap kegiatan yang berkaitan dengan statistik selalu berhubungan dengan data. Pengertian data adalah keterangan yang benar dan nyata. Data adalah bentuk

jamak dari datum. Datum adalah keterangan atau informasi yang diperoleh dari suatu pengamatan sedangkan data adalah segala keterangan atau informasi yang dapat memberikan gambaran tentang suatu keadaan. Untuk memperoleh kesimpulan yang tepat dan benar maka data yang dikumpulkan dalam pengamatan harus nyata dan benar, demikian sebaliknya. Syarat data yang baik yaitu (Arisena, 2019):

- a. Data harus objektif (sesuai dengan keadaan sebenarnya)
- b. Data harus mewakili (*representative*)
- c. Data harus *up to date*
- d. Data harus relevan dengan masalah yang akan dipecah

### **2.12.2 Sampel**

Sampel adalah bagian dari populasi yang menjadi objek penelitian (sampel sendiri secara harfiah berarti contoh). Hasil pengukuran atau karakteristik dari sampel disebut "statistik" yaitu  $\bar{X}$  untuk harga rata-rata hitung dan  $S$  atau  $SD$  untuk simpangan baku. Alasan perlunya pengambilan sampel adalah sebagai berikut (Arisena, 2019):

- a. Keterbatasan waktu, tenaga dan biaya
- b. Lebih cepat dan lebih mudah
- c. Memberi informasi yang lebih banyak dan dalam
- d. Dapat ditangani lebih teliti.