

**ANALISIS KEBUTUHAN ELEKTRODA LAS PADA PERAKITAN BLOK
06 DAN 07 LAMBUNG KAPAL FERRY RO-RO 300 GT**

Skripsi

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



**Oleh :
YUVENTINO SUHARDI ARAUJO NAHES
D311 15 004**

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
JURUSAN 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 LAS PADA PERAKITAN BLOK VI DAN BLOK VII KAPAL FERRY RO-RO 300 GT

UNIVERSITAS HASANUDDIN

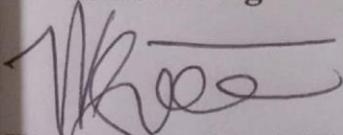
Disusun Oleh :

**Yuventino Suhardi Araujo Nahes
D31115004**

Gowa, April 2022

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

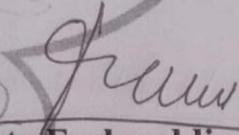
Pembimbing I



Wahyuddin, ST., MT.

Nip. 19720205 199903 1 002

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 di bawah ini:

Nama : Yuventino Suhardi Araujo Nahes

NIM : D31115004

Program Studi : Teknik Perkapalan

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**“Analisis Kebutuhan Elektroda Las Pada Perakitan Blok 06 Dan blok 07 Kapal
Ferry Ro-Ro 300 GT”**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan 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.

Gowa, Maret 2022

Yang Menyatakan



Yuventino Suhardi Araujo Nahes

ABSTRAK

YUVENTINO SUHARDI ARAUJO NAHES. Analisis Kebutuhan Elektroda Las Pada Perakitan Blok 06 dan 07 Lambung Kapal Ferry Ro-Ro 300 GT (dibimbing oleh Wahyuddin, ST., MT. dan Farianto Fachruddin L. ST. MT)

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai berat isian las berdasarkan kampuh las yang digunakan pada pekerjaan kapal ferry ro-ro 300 GT blok 06 dan blok 07 dengan pendekatan Numerik Empiris, menentukan perbandingan berat isian las blok 06 dan blok 07 kapal ferry ro-ro 300 GT, menentukan jumlah dos elektroda las pada pekerjaan blok 06 dan blok 07 kapal ferry ro-ro 300 GT.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Produksi Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dengan menggunakan data perencanaan meliputi gambar pembagian blok dan gambar konstruksi lambung kapal sebagai variabel dalam menentukan kebutuhan elektroda las.

Dari hasil penelitian melalui identifikasi gambar, panjang pengelasan blok 06 478,4 m, total berat kebutuhan elektroda las blok 06 80,72 kg atau 17 dos. Panjang pengelasan blok 07 422,78 m, total berat kebutuhan elektroda las blok 07 83,96 kg atau 17 dos.

Kata kunci: elektroda las, perakitan blok, panjang pengelasan, efisiensi deposit

ABSTRACT

YUVENTINO SUHARDI ARAUJO NAHES. Analysis of welding Electrode requirements in block 06 and block 07 hull construction of Ro-Ro 300 GT Ferry (supervised by Wahyudi, ST., MT and Farianto Fachruddin L. ST. MT.).

This study aims to determine the welding object's length and the welding electrodes requirements number of block 06 and block 07 of the 300 GT Ro-Ro ferry by implementing the capacity approach and the deposit efficiency.

This research was carried out at the Production Laboratory of the Department of Marine Engineering, Faculty of Engineering by using planning data including block division drawings and ship hull construction drawings as internal variables in determining both welding length and welding electrodes requirements.

Based on the results of research identification through planning drawings, the length of welding block 06 is 478,4 m, the total weight of welding electrodes requirement block 03 is 80,72 kg or 17 doses. The length of welding block 07 is 422,78 m, the total weight of welding electrodes requirement block 07 is 83,96 kg or 17 doses.

Keywords: welding electrodes, block assembly, welding length, deposit efficiency.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xiv
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I.....	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	5
I.3 Batasan Masalah.....	5
I.4 Tujuan Penelitian	6
I.5 Manfaat Penelitian	6
I.6 Sistematika Penulisan.....	7
BAB II.....	8
II.1 Karakteristik Kapal Ferry	8
II.2 Proses Pembangunan Kapal dan Perkembangannya	10
II.3 Teknologi Produksi Kapal dan Pembangunan Sistem Blok	11
II.4 Konsep <i>Product Work Breakdown Structure</i> (PWBS)	14
II.5 Konsep <i>Welding Procedure Specification</i> (WPS)	18
II.5.1 Langkah-langkah Pembuatan Prosedur Pengelasan (WPS).....	20
II.5.2 Faktor Utama Penyusunan Pengelesan (WPS)	20
II.5.3 Cara Mengkualifikasi Prosedur Pengelasan (WPS).....	21
II.6 Teknik Pengelasan	22
II.6.1 Pengertian Pengelasan.....	22
II.6.2 Elektroda Las	23
II.6.3 Laju Konsumsi dan Kebutuhan Elektroda	24
BAB III.....	25
III.1 Komponen Penelitian	25

III.2 Data Penelitian.....	25
III.3 Tahapan Penelitian	25
III.4 Waktu Penelitian	28
III.5 Kerangka Pemikiran	29
BAB IV	30
IV.1 DATA KAPAL	30
IV.1.1 Ukuran utama kapal ferry Ro-Ro 300 GT	30
IV.1.2 Lines Plan dan Rencana Umum	31
IV.1.3 Konstruksi Lambung Kapal.....	32
IV.1.4 Rancangan blok plan	32
IV.3 URUTAN PERAKITAN BLOK KAPAL	34
IV.4 PERENCANAAN STANDAR TEKNIK PENGELASAN	45
IV.5 PERHITUNGAN LAJU KONSUMSI LASAN	48
IV.6 PERHITUNGAN KEBUTUHAN ISIAN LAS	48
IV.7 PEMBAHASAN/DISKUSI	51
BAB V.....	57
V.1 KESIMPULAN	57
V.2 SARAN	57
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 4- 1 Ukuran Utama Kapal Ferry Ro-Ro 300 Gt.....	30
Tabel 4- 2 Ukuran Utama Kapal Ferry Ro-Ro 300 Gt.....	31
Tabel 4- 3 Ukuran Blok 06 Dan Blok 07	31
Tabel 4- 4 Komponen Konstruksi Blok 06	34
Tabel 4- 5 Komponen Konstruksi Blok 06	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
Tabel 4- 6 Komponen Konstruksi Blok 07	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
Tabel 4- 7 Komponen Konstruksi Blok 07	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
Tabel 4- 8 Simbol Pengelasan Pada Perencanaan Pengelasan.....	47
Tabel 4- 9 Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan Berat Isian Las Blok 06	50
Tabel 4-10 Rekapitulasi Jumlah Kebutuhan Berat Isian Las Blok 07	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Block Plan Kapal Ferry Ro-Ro 300 GT	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
Gambar 4. 2 Perakitan Blok	33
Gambar 4. 3 Urutan Perakitan Blok...	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
Gambar 4. 4 Wps (Sambungan Single Vee Butt)	46
Gambar 4. 5 Joint Komponen Bottom Plate ~ Bottom Plate	48
Gambar 4.6 Ratio Elektroda Terpakai Terhadap Panjang Laju Konsumsi Pengelasan Setiap Panel Pada Blok 06	53
Gambar 4. 7 Ratio Berat Isian Las Terhadap Panjang Laju Konsumsi Lasan Setiap Sub Assembly Pada Blok 06	54
Gambar 4. 8 Ratio Berat Isian Lasan Terhadap Panjang Laju Konsumsi Pengelasan Tiap Panel Blok 07	55
Gambar 4. 9 Ratio Berat Isian Lasan Terhadap Panjang Laju Konsumsi Pengelasan Tiap Sub Assembly Blok 07	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar Konstruksi Profil.....	59
Lampiran 2 Tabel Hasil Perhitungan Berat Isian Las Tiap Tahap Pekerjaan Blok 06	59
Lampiran 3 Tabel Hasil Perhitungan Berat Isian Las Tiap Tahap Pekerjaan Blok 07	67
Lampiran 4 Tabel Hasil Perhitungan Berat Isian Las Blok 06	74
Lampiran 5 Tabel Hasil Perhitungan Berat Isian Las Blok 07	77
Lampiran 6 Tabel Berat Kebutuhan Penyediaan Elektroda Pada Pekerjaan Blok 06	78
Lampiran 7 Tabel Berat Kebutuhan Penyediaan Elektroda Pada Pekerjaan Blok 07	78
Lampiran 8 Jumlah Dos Kawat Elektroda Pada Pekerjaan Blok 06 Dan Blok 07	79

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Dunia industri produksi kapal saat ini banyak melakukan pengembangan teknologi produksi kapal yang dapat menekan biaya, meningkatkan produktivitas serta mempercepat proses pembangunan kapal agar mampu menambah nilai saing galangan. Berbagai cara dikembangkan oleh pihak industri untuk mencapai hal tersebut.

Dalam pembangunan sebuah kapal di era modern ini, dibutuhkan metode untuk menyelesaikan pembuatan kapal yang bertujuan mempermudah proses pengerjaan kapal. Salah satu metode yang sering digunakan dalam pembangunan kapal yaitu berdasarkan sistem. Dalam proses pembuatan kapal dengan metode berdasarkan sistem, terdapat tiga macam sistem pembuatan kapal, yaitu sistem seksi, sistem konvensional dan sistem blok.

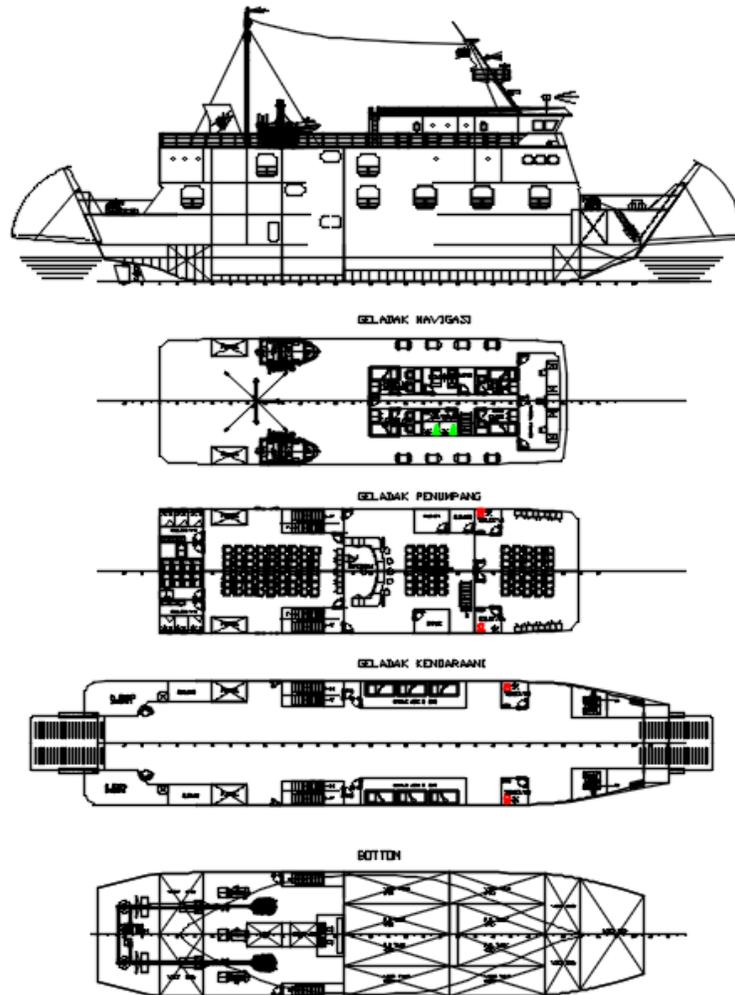
Pembuatan kapal dengan metode sistem blok adalah salah satu sistem pembuatan kapal dimana badan kapal terbagi beberapa blok dan dapat digabung setelah konstruksi masing-masing blok selesai dibangun. Pembangunan metode blok pada prinsipnya adalah penggabungan beberapa blok yang dilakukan dengan pengelasan.

Pengelasan dalam metode sistem blok sangat berpengaruh penting pada konstruksi bangunan kapal. Mengingat pada tahap pembangunan konstruksi kapal,

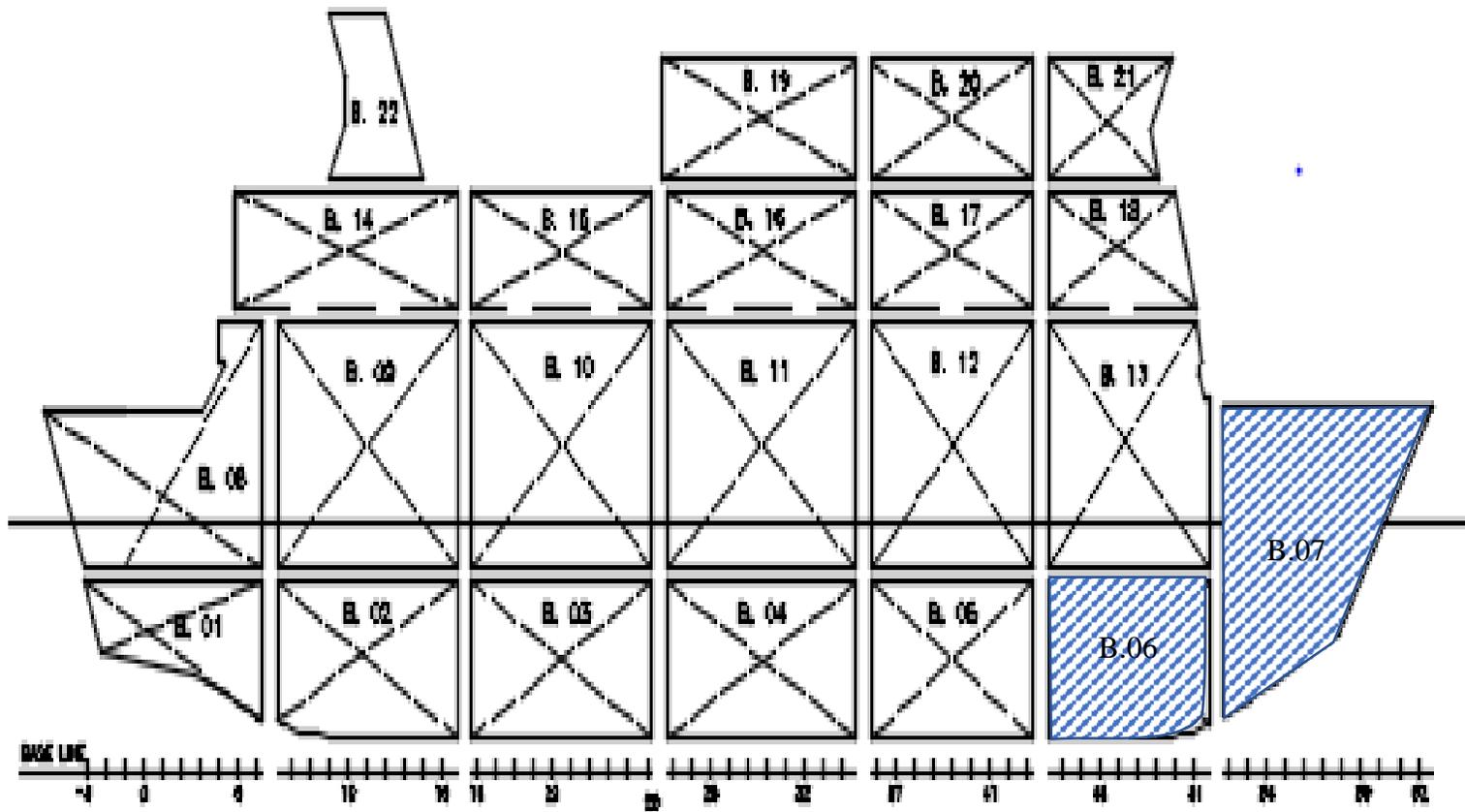
kotak-kotak yang telah dirakit dan disusun kemudian digabungkan dengan cara pengelasan, maka pengelasan menjadi pekerjaan yang mendominasi dalam perakitan konstruksi bangunan kapal.

Dalam perakitan konstruksi bangunan kapal khususnya dalam pengerjaan pengelasan meliputi kebutuhan elektroda, kebutuhan tenaga kerja dan kebutuhan listrik. Estimasi kebutuhan elektroda las yang ada saat ini hanya melalui pendekatan produktivitas pekerja las (juru las), sehingga tidak bisa dijadikan tolak ukur secara umum karena indeks produktivitas juru las setiap galangan berbeda-beda. Oleh karena itu, peneliti tertarik untuk menghitung kebutuhan elektroda menggunakan metode Numerik Empiris.

Dalam penentuan jumlah kebutuhan material pengelasan tentu saja melalui beberapa tahapan analisis dan perhitungan sehingga membutuhkan beberapa gambar kerja terkait dengan objek yang akan dianalisa. Adapun beberapa gambar dimaksud antara lain: Gambar-1 *General Arrangement Ferry Ro-Ro 300 GT*; Gambar-2 *Division Block Ferry Ro-Ro 300 GT*.



Gambar 1. 1 General Arrangement Ferry Ro-Ro 300 GT



Gambar 1.2 *Division Block* Ferry Ro-Ro 300 GT

Gambar 1.1 menunjukkan desain rencana umum dan tonase (*general arrangement*) yang merupakan sebuah aspek utama di dalam merencanakan sebuah bangunan kapal. Gambar *general arrangement* menunjukkan letak sekat dan tangki yang ada pada kapal.

Sedangkan pada gambar 1.2 merupakan perencanaan pembagian blok berdasarkan panjang plat yang digunakan yaitu 20 ft (6 meter). Dalam penulisan proposal ini digunakan kasus perhitungan untuk blok lambung kapal (B.06 dan B.07) dari kapal Ferry 300 GT.

Berdasarkan uraian di atas, dipandang perlu untuk melakukan pengkajian terkait tema penggunaan rumus empiris (numerik) dalam menghitung kebutuhan elektroda las pada perakitan blok lambung kapal Ferry 300 GT (blok B.06 dan B.07).

I.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Berapa panjang objek las atau panjang pengelasan pada pekerjaan kapal Ferry 300 GT blok 06 dan blok 07?
2. Berapa jumlah kebutuhan elektroda las pada pekerjaan blok 06 dan blok 07 kapal ferry ro-ro 300 GT?

I.3 Batasan Masalah

Dalam pelaksanaan penelitian ini, untuk menghindari luasnya pembahasan, maka masalah dibatasi pada:

1. Pendekatan penentuan kebutuhan elektroda las berdasarkan pendekatan kapasitas atau deposit efisiensi (Kobelco,2022).
2. Proses pengelasan adalah jenis SMAW dengan diameter elektroda 4 mm.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari masalah yang diangkat adalah sebagai berikut:

1. Menentukan panjang objek las atau panjang pengelasan pada pekerjaan kapal Ferry 300 GT blok 06 dan blok 07?
2. Menentukan jumlah kebutuhan elektroda las pada pekerjaan blok 06 dan blok 07 kapal ferry ro-ro 300 GT?

I.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Memberikan pengetahuan tentang berapa berat isian las terhadap jenis kampuh yang digunakan dalam proses pengelasan pada pembangunan kapal ferry 300 GT (blok B.06 dan B.07) dengan menggunakan pendekatan numerik empiris.
2. Mengetahui perbandingan berat isian las pada pekerjaan blok 06 dan blok 07 kapal ferry ro-ro 300 GT.
3. Mengetahui berapa dos penggunaan elektroda las pada pekerjaan blok 06 dan blok 07 kapal ferry Ro-Ro 300 GT.

I.6 Sistematika Penulisan

Penulisan skripsi ini disusun dalam 5 bab, dengan rincian 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 yang berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan.

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

II.1 Karakteristik Kapal Ferry

Kapal Ferry merupakan salah satu jenis kapal laut yang cukup digunakan sebagai sarana transportasi angkutan laut. Kapal Ferry adalah kapal yang dibangun untuk penyeberangan barang dan penumpang dengan jarak pelayaran pendek dalam melintasi pantai, sungai, dan danau, maupun antar pulau. Kapal Ferry mempunyai kriteria tersendiri dalam perencanaannya, antara lain menyangkut stabilitas kapal, kebutuhan luas geladak, batasan atas panjang dan sarat air kapal serta kemampuan manuvernya. Menurut Hadiwarsono (1996) dalam Alwan (2020), kapal Ferry mempunyai ciri umum sebagai berikut:

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

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.

Menurut Hadiwarsono (1996) dalam Alwan (2020), bentuk–bentuk muatan 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 tabrakan dan pintu *ramp* buritan dengan sekat buritan tidak boleh dimuati kendaraan.

Pemilihan lokasi pelabuhan penyeberangan, terkadang tidak mempertimbangkan perbedaan pasang surut. Untuk mengantisipasi hal ini, maka kapal Ferry harus bisa mempunyai sarat yang kecil. Di samping itu, kapal Ferry harus bisa bermanuver dengan cepat. Hal ini penting terutama pada saat memasuki daerah pelabuhan. Olehnya itu kapal-kapal penyebrangan biasanya mempunyai baling-baling ganda agar dapat melakukan manuver dengan baik.

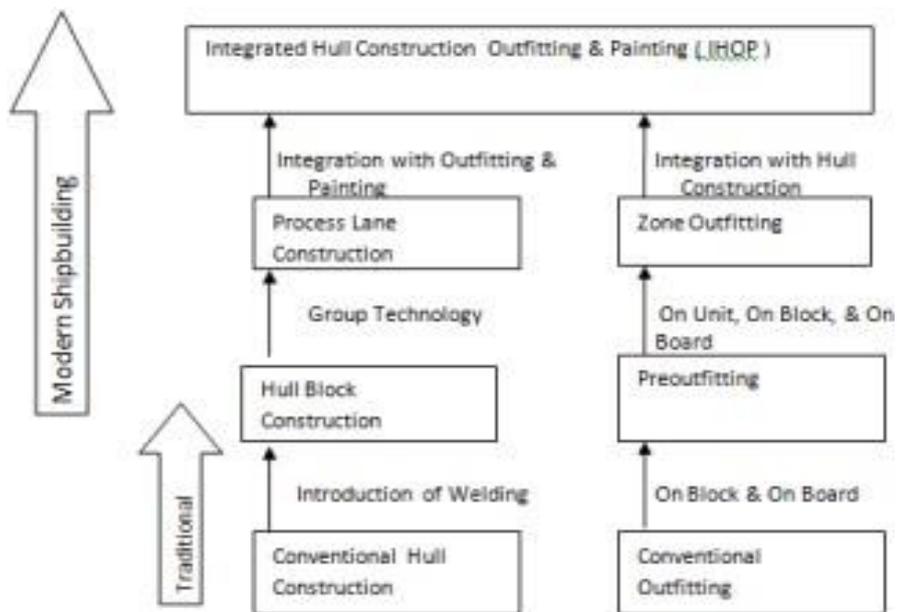
II.2 Proses Pembangunan Kapal dan Perkembangannya

Metode pembangunan kapal dipengaruhi oleh fasilitas galangan kapal tersebut untuk mempermudah proses pengerjaan dan memperluas area pekerjaan, sehingga terciptanya mutu pekerjaan yang baik. Adapun metode yang sering ditemui dalam pembangunan kapal di galangan yaitu pembangunan kapal dengan sistem blok.

Seiring penemuan teknologi las (*welding technology*) menggantikan teknologi keling (*riveting technology*), maka teknologi pembangunan kapal mengalami perkembangan mulai dari sistem komponen atau metode tradisional/konvensional sampai dengan sistem blok. Menurut David Eyres (2006), berkat 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 di landasan 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).

II.3 Teknologi Produksi Kapal dan Pembangunan Sistem Blok

Menurut Chirillo (1982), perkembangan teknologi produksi bangunan kapal dapat dibagi ke dalam empat jenis tahapan sesuai dengan teknologi pada proses produksinya seperti ditunjukkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. 1 Sejarah Perkembangan Metode Pembangunan Kapal (Sumber : Chirillo, 1982)

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

1. *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 gading – gading dipasang di kulitnya. Bila badan kapal hampir selesai dirakit pekerjaan outfitting dimulai.

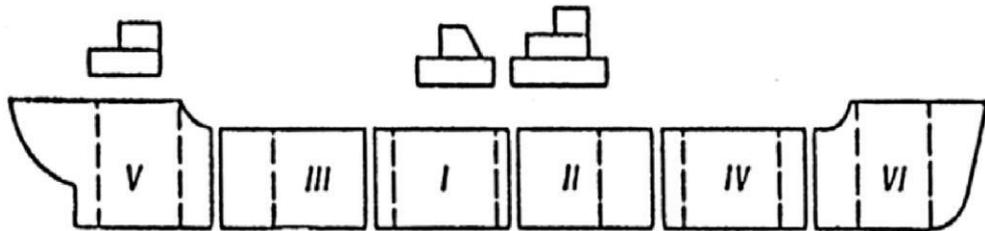
Pekerjaan outfitting direncanakan dan dikerjakan sistem demi sistem, seperti pemasangan ventilasi, sistem pipa, listrik, dan mesin.

Tahap ini merupakan penerapan teknologi paling konvensional dengan tingkat produktivitas 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.

2. *Hull Block Construction Method (HBCM) and Pre Outfitting*. Tahapan ini, dimulai dengan digunakannya teknologi pengelasan pada pembuatan kapal. Proses pembuatan badan kapal kemudian menjadi proses pembuatan blok-blok atau seksi-seksi di las, seperti seksi geladak dan kulit dan lain-lain, yang kemudian dirakit menjadi badan kapal. Perubahan ini diikuti dengan perubahan pekerjaan outfitting, dimana pekerjaan ini dapat dikerjakan pada blok dan pada badan kapal yang sudah jadi. Perubahan ini dikenal dengan pre outfitting.

Dengan menerapkan teknologi *HBCM and PreOutfitting*, 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

3. *Process-lane Hull Construction and Zone Outfitting* dikenal juga sebagai *Full Outfitting Block System* merupakan teknologi produksi bangunan kapal sudah dapat dikategorikan sebagai teknologi modern. Tahapan ini ditandai dengan *process lane construction* dan *zone outfitting*, yang merupakan aplikasi *group technology* (GT) pada *hull construction* dan outfitting work. Metode FOBS atau ZOFM dianjurkan untuk diaplikasikan pada galangan-galangan dengan keuntungan-keuntungan adalah:
 - a. Meningkatkan keselamatan kerja
 - b. Mengurangi biaya-biaya produksi
 - c. Kualitas baik
 - d. Produktifitas tinggi
 - e. Mengurangi terjadinya rework
4. *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 maju di industri galangan kapal. 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.

II.4 Konsep *Product Work Breakdown Structure* (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 penyimpangan/pergudangan sejauh yang

diinginkan. Logikanya PWBS membagi proses produksi kapal menjadi tiga jenis pekerjaan yaitu (Wahyudin, 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*).

II.5 Konsep *Welding Procedure Specification* (WPS)

Welding Procedure Specification (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 Wiryosumanto (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 Standard 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 1107 (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.

II.5.1 Langkah-langkah Pembuatan Prosedur Pengelasan (WPS)

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 specimen dengan *Destructive Test*.
- c) Mengevaluasi hasil *Destructive Test* dengan *Standard / code* yang digunakan.
- d) Mencatat dan mensertifikasi hasil uji tersebut pada lembar (PQR).

II.5.2 Faktor Utama Penyusunan Pengelesan (WPS)

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

II.5.3 Cara Mengkualifikasi Prosedur Pengelasan (WPS)

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

- a) Membuat Test Coupon.
- b) Melakukan pengelasan pada test coupon dengan parameter-parameter sesuai yang tercantum dalam draft Prosedure pengelasan (WPS). Hal-hal yang dianjurkan adalah mencatat semua variabel essential, non essential 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 Prosedure Kualifikasi Pengelasan (PQR).
- e) Membandingkan hasil PQR dengan parameter yang ada di WPS untuk menjamin bahwa range dan parameter yang tercantum pada WPS tercover pada PQR.

II.6 Teknik Pengelasan

Pembangunan kapal dengan menggunakan sistem blok maka pekerjaan pengelasan menjadi hal yang penting untuk diperhatikan mengingat kotak-kotak yang telah dirakit akan dihubungkan menggunakan pengelasan.

II.6.1 Pengertian Pengelasan

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 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 (Harsono dkk, 1991).

Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan las. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan. Mengelas bukan hanya memanaskan dua bagian benda sampai mencair dan membiarkan membeku kembali, tetapi membuat lasan utuh dengan cara memberikan bahan tambah atau elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti perencanaan. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektroda dan jenis kampuh.

Menurut (Tarkono, 2012) perbedaan menggunakan jenis-jenis elektroda 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 elektroda pada waktu dipanaskan sehingga mempunyai kekuatan seperti yang dikehendaki. Kekuatan sambungan las dipengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, elektrode dan jenis kampuh yang digunakan.

II.6.2 Elektroda Las

Bagian penting dalam las busur listrik adalah elektroda las. Selama proses pengelasan elektroda akan meleleh dan akhirnya habis. Penggunaan jenis elektroda akan sangat menentukan hasil pengelasan, sehingga sangat penting untuk mengetahui jenis dan sifat-sifat masing-masing elektroda sebagai dasar pemilihan elektroda.

Macam dan jenis elektroda sangat banyak. Berdasarkan selaput pelindungnya dibedakan menjadi dua macam, yaitu elektroda polos dan elektroda berselaput. Elektroda berselaput terdiri dari bagian inti dan zat pelindung atau fluks.

Kode elektroda berupa huruf dan angka mempunyai arti khusus dan sangat berguna untuk pemilihan elektroda. Kode elektroda sudah distandarkan atau ditetapkan. Badan pembuat standarisasi kode elektroda yaitu AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American For Testing Materials*). Simbol atau kodenya yaitu satu huruf E diikuti oleh empat atau lima angka di belakangnya, contoh E7018.

Elektroda dengan kode E7018, untuk setiap huruf dan angka mempunyai arti masing-masing, yaitu:

E : Elektroda untuk las busur listrik

70 : Menyatakan nilai tegangan tarik minimum hasil pengelasan dikalikan dengan 1000 psi, jadi 70.000 psi

1 : Menyatakan posisi pengelasan, angka 1 berarti dapat digunakan untuk pengelasan semua posisi.

8 : Menunjukkan jenis selaput serbuk besi hidrogen rendah dan interval arus las untuk pengelasan.

II.6.3 Laju Konsumsi dan Kebutuhan Elektroda

Menurut (Kobelco, 2022) dalam menentukan laju konsumsi dan kebutuhan elektroda menggunakan rumus sebagai berikut:

Isian las yang dibutuhkan = *luas penampang x panjang pengelasan x massa jenis elektroda* (1)

Kebutuhan elektroda = $\frac{\text{isian las yang dibutuhkan}}{\text{nilai efisiensi}}$ (2)