

SKRIPSI

STUDI EKSPERIMENTAL PERTAMBAHAN BERAT PENGELASAN PADA BLOK 7 KAPAL FERI RO-RO 1500 GT

Disusun dan diajukan oleh:

**JEFRY ADAM MATTEMU
D031171501**



**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

**STUDI EKSPERIMENTAL PERTAMBAHAN BERAT
PENGELASAN PADA BLOK 7 KAPAL FERI RO-RO 1500 GT**

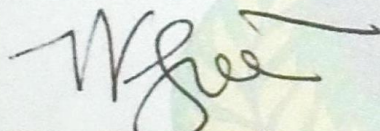
Disusun dan diajukan oleh

**JEFRY ADAM MATTEMU
D031171501**

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 9 Maret 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama,



Wahyuddin, ST., MT.

NIP 197202051999031002

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Syamsul Asri, MT

NIP 196503181991031003

Ketua Program Studi,

Prof. Dr. Ing. Saandar Baso, ST. MT.
NIP 197302062000121002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Jefry Adam Mattemmu
NIM : D031171501
Program Studi : Teknik Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Studi Eksperimental Pertambahan Berat Pengelasan Pada Blok 7
Kapal Feri RO-RO 1500 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.

Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

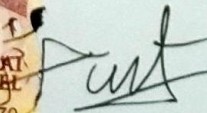
Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

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, 9 Maret 2023

Yang Menyatakan




Jefry Adam Mattemmu

ABSTRAK

Jefry Adam Mattemmu / D031171501. “*STUDI EKSPERIMENTAL PERTAMBAHAN BERAT PENGELASAN PADA BLOK 7 KAPAL FERI RO-RO 1500 GT*”

(Dibimbing oleh Wahyuddin dan Syamsul Asri)

Sebelum perang dunia II, konstruksi kapal baja menggunakan konstruksi keling. Namun, dengan perkembangan teknologi, metode pengelasan ditemukan untuk menyambung konstruksi baja dengan hasil yang lebih kuat. Jeffus dalam Arifin & Hendrianto (2018) mendefinisikan pengelasan sebagai proses penggabungan bahan dengan memanaskannya sampai suhu pengelasan, dengan atau tanpa penerapan tekanan, dan dengan atau tanpa penggunaan logam pengisi. Proses pengelasan SMAW adalah yang paling umum digunakan dalam industri logam, termasuk dalam industri pembangunan dan reparasi kapal. Proses pengelasan ini dapat meningkatkan berat baja dan LWT kapal, dan dapat berdampak pada perhitungan berat baja dan mengganggu biaya pembangunan atau nilai ekonomis kapal. Sebagai pedoman, berat margin yang digunakan untuk kapal konvensional sekitar 3%-5% dari DWT kapal dan terdiri dari berat toleransi suku cadang, outfitting, dan toleransi berat pada beberapa detail desain (Bertram & Schneekluth, 1998; Phoels, n.d.). Pengelasan diteliti dengan cara menimbang spesimen yang mewakili pengelasan yang terdapat pada blok 7 kapal feri ro-ro 1500 GT. Berdasarkan hasil analisa berat sampel didapatkan bahwa jika dihitung secara empirik dengan metode perhitungan volume kampuh las, diketahui jumlah pertambahan berat pengelasan pada konstruksi blok 7 dengan total panjang pengelasan 2395.56 meter adalah sebesar 733.71 kg atau sebesar 1.49% dari total berat keseluruhan konstruksi blok 7 yaitu 48595 Kg. Pada perhitungan pertambahan berat pengelasan yang dilakukan secara eksperimental menggunakan sampel dari setiap jenis ketebalan dan sambungan maka diperoleh berat las sebesar 1050.87 Kg atau bertambah berat sekitar 2.12% untuk panjang pengelasan 2395.56 meter dari berat konstruksi blok 7. Dari hasil perhitungan secara empirik yaitu 733.71 kg atau sebesar 1.49% dari berat total blok 7 48595 Kg dan eksperimental yaitu 1050.87 Kg atau 2.12% dari total berat konstruksi blok 7 diketahui bahwa selisihnya adalah sebesar 0.63% yang berarti bahwa perbandingan berat volume kampuh las secara actual lebih besar 0.63% dari hasil perhitungan secara empirik, Perbedaan berat actual ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti tingkat kepresisian atau toleransi pengerjaan dan tingkat kepadatan kampuh las.

Kata Kunci: *SMAW (Shielded Metal Arc Weld), Berat Margin, Sistem Blok*

ABSTRACT

Jefry Adam Mattemmu / D031171501. "*EXPERIMENTAL STUDY OF WELD WEIGHT ADDITION ON BLOCK 7 OF 1500 GT RO-RO FERRY SHIP*"

(Supervised by Wahyuddin and Syamsul Asri)

Before World War II, shipbuilding used riveted construction. However, with the development of technology, welding methods were discovered to join steel constructions with stronger results. Jeffus, as cited in Arifin and Hendrianto (2018), defined welding as the process of merging materials by heating them to the welding temperature, with or without the application of pressure, and with or without the use of filler metals. The SMAW welding process is the most commonly used in the metal industry, including in shipbuilding and repair. This welding process can increase the weight of the steel and the LWT of the ship, and can affect the calculation of steel weight and disrupt the ship's construction cost or economic value. As a guide, the weight margin used for conventional ships is around 3%-5% of the ship's DWT and consists of spare part tolerances, outfitting, and weight tolerances on some design details (Bertram & Schneekluth, 1998; Phoels, n.d.). Welding was studied by weighing specimens that represented the welding found in block 7 of a 1500 GT ro-ro ferry. Based on the analysis of the weight sample, it was found that if calculated empirically using the welding volume calculation method, the weight increase of the welding construction in block 7 with a total welding length of 2395.56 meters is 733.71 kg or 1.49% of the total overall weight of block 7, which is 48595 kg. In the weight increase calculation of welding carried out experimentally using samples of each thickness and joint type, the welding wire weight obtained is 1050.87 kg, or an increased weight of around 2.12% for a welding length of 2395.56 meters of the block 7 construction weight. From the results of the empirical calculation of 733.71 kg or 1.49% of the total weight of block 7, and the experimental calculation of 1050.87 kg or 2.12% of the total weight of block 7, it is known that the difference is 0.63%, which means that the actual welding volume weight ratio is larger by 0.63% than the empirical calculation results. This actual weight difference can be caused by several factors, such as the precision or tolerance of the work and the density of the welding wire.

Keywords: *SMAW (Shielded Metal Arc Weld), Margin Weight, Block System*

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kepada Allah SWT, karena atas limpahan berkat dan karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul “STUDI EKSPERIMENTAL PERTAMBAHAN BERAT PENGELASAN TERHADAP BERAT BLOK” yang disusun guna memenuhi salah satu persyaratan bagi setiap mahasiswa untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada program Studi Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Penyusun memahami bahwa menyelesaikan tugas akhir ini merupakan suatu pencapaian yang dapat dibanggakan tersendiri karena ada berbagai macam tantangan dan hambatan yang dialami selama proses pengerjaannya hingga akhirnya dapat terselesaikan.

Dalam pengerjaan tugas akhir ini tentunya melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam berbagai hal. Oleh sebab itu penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu Ayahanda Dhamrie Abdullah dan Ibunda Aras Dalle yang tak henti-hentinya memberikan kasih sayang, pengorbanan, dukungan serta doa-Nya.
2. Bapak Wahyuddin, ST., MT. selaku Dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan masukan dan bimbingan hingga penyusun bisa menyelesaikan penelitian skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Syamsul Asri, MT. selaku Dosen pembimbing skripsi yang telah banyak memberikan masukan dan bimbingan hingga penyusun bisa menyelesaikan penelitian skripsi ini.
4. Ibu Dr. Ir. Misliah, MS. Tr dan bapak Farianto Fachruddin L. ST. MT selaku dosen penguji dalam tugas akhir ini.

5. Seluruh Dosen Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala kebaikan serta ilmu yang telah diajarkan.
6. Seluruh Staff Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang telah membantu segala urusan administrasi selama kuliah.
7. Seluruh Staff dan Karyawan PT Industri Kapal Indonesia yang telah membantu saya dalam memperoleh data dan sampel untuk penelitian.
8. Kepada seluruh teman-teman Program Studi Teknik Perkapalan Angkatan 2017, terima kasih atas segala suka duka yang telah kita alami bersama selama berkuliah.
9. Teman-teman SAVAGE atas segala bantuan, dukungan serta masukan yang diberikan.
10. Kepada teman seperjuangan (Din Hamzah, Arif Muhammad, Ichsanul, dan Irfan) yang telah banyak membantu dan menemani dalam menyelesaikan skripsi.
11. Kepada partner bucin saya Nanda Puspita Ningsih yang selalu memberikan dukungan dan dorongan dalam menyelesaikan penelitian ini.
12. Kepada Kanda-kanda senior dan adik-adik junior yang penyusun tidak bisa sebutkan namanya satu persatu.
13. Yang terakhir penyusun mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah terlibat dan berkontribusi dalam proses pengerjaan tugas akhir ini baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penyusun menyadari bahwa di dalam tugas akhir ini masih banyak terdapat kesalahan dan kekurangan. Oleh karenanya penyusun memohon maaf dan berharap masukan berupa saran dan kritikan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian ini. Akhir kata penyusun berharap semoga penelitian ini dapat memberi manfaat baik kepada penyusun sendiri maupun kepada semua pihak yang berkenan untuk membaca dan mempelajarinya.

Gowa, Januari 2023

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar belakang masalah	1
1.2 Rumusan masalah	2
1.3 Batasan masalah.....	2
1.4 Tujuan menelitian	3
1.5 Manfaat penelitian	3
1.6 Sistematika penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Teknik produksi kapal sistem blok.....	5
2.2 Baja marine	9
2.3 Berat Margin.....	9
2.4 <i>Welding procedure specification</i> (WPS)	10
2.5 Las smaw (<i>shielded metal arc welding</i>)	10
2.6 Perubahan sifat logam setelah pengelasan.....	12
2.7 Posisi pengelasan	12
2.7.1 Klasifikasi bentuk sambungan las	14
2.8 Elektroda.....	15
2.9 welding table.....	16

2.10 Berat pengelasan	17
BAB III METODE PENELITIAN	20
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	20
3.2 Benda uji dan alat	20
3.3 Jenis Penelitian	21
3.4 Jenis Data.....	21
3.5 Teknik Analisis	21
3.5.1 Persiapan Penelitian.....	21
3.5.2 Informasi data kapal	22
3.5.3 Pembagian Blok 7.....	25
3.5.4 Panjang pengelasan dan jenis sambungan pada Blok 7.....	29
3.5.5 Menyiapkan spesimen	30
3.5.6 Menimbang spesimen	33
3.5.1 Menghitung pertambahan berat pengelasan secara empirik	35
3.5.2 Menghitung pertambahan berat pengelasan secara eksperimental	35
3.5.3 Membandingkan pertambahan berat pengelasan.....	36
3.6 Kerangka Pikir	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Berat las secara empirik.....	38
4.2 Berat las berdasarkan hasil eksperimen	43
4.3 Perbandingan berat las secara teoritis dan secara eksperimental.....	47
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Metode perakitan seksi assembly (sumber: Wahyuddin, 2011)	6
Gambar II.2 metode perakitan berlapis (sumber: Wahyuddin, 2011)	7
Gambar II.3 Prinsip kerja las listrik (sumber: Riswan, 2008)	11
Gambar II.4 Struktur makro sambungan las (sumber: Riswan, 2008)	12
Gambar II.5 Kode ISO posisi las flat (sumber: Riswan, 2008)	13
Gambar II.6 Kode ISO posisi las pipa (sumber: 2008)	13
Gambar II.7 Berbagai bentuk sambungan las (sumber: Riswan, 2008)	14
Gambar II.8 Welding table (sumber: PT IKI Makassar)	17
Gambar II.9 Kampuh las tumpul	17
Gambar II.10 Kampuh las sambungan sudut	18
Gambar II.11 Ukuran minimum fillet weld (sumber: AWS D1.1)	19
Gambar III.1 Rencana Umum Ferry Ro-Ro 1500 gt (Sumber: PT IKI Makassar)	23
Gambar III.2 Konstruksi gading Feri Ro-Ro 1500 GT (Sumber: PT IKI Makassar)	24
Gambar III.3 Block division Feri ro-ro 1500 GT (Sumber: PT IKI Makassar)	24
Gambar III.4 Model 3D blok7	25
Gambar III.5 Flowchart pembagian panel	26
Gambar III.6 Material pelat untuk sampel	31
Gambar III.7 Proses pemotongan pelat sampel	32
Gambar III.8 Menimbang spesimen	33
Gambar IV.1 Komponen dimensi sambungan butt 8 mm	40
Gambar IV.2 Ilustrasi bentuk sambungan pada sampel	43
Gambar IV.3 Sampel yang telah di las	44
Gambar IV.4 Perbandingan berat pengelasan empirik dan eksperimental	47

DAFTAR TABEL

Table III.1 Alat dan bahan penelitian	20
Table III.2 pembagian sub-block 3	27
Table III.3 Daftar komponen blok 7 yang telah dikelompokkan.....	28
Table III.4 Panjang pengelasan pada blok 7	29
Table III.5 Jumlah kebutuhan sampeldidapatkan dengan metode slovin	30
Table III.6 Jumlah sampel yang dibutuhkan untuk eksperimen	31
Table IV.1 Berat pengelasan secara empirik	41
Table IV.2 Pertambahan berat penngelasan secara empirik.....	42
Table IV.3 Berat sampel sambungan fillet setelah di las.....	44
Table IV.4 Berat sampel sambungan fillet dengan profil setelah di las	45
Table IV.5 Berat sampel sambungan butt setelah di las	45
Table IV.6 Berat pengelasan pada blok 7 secara ekperimental	46
Table IV.7 Perbandingan berat pengelasan pada blok 7.....	47
Table IV.8 Konversi nilai pertambahan berat pengelasan secara empirik dan eksperimental	48

DAFTAR NOTASI

W_{bw}	= berat pengelasan datar (gram)
W_{fw}	= berat pengelasan sudut (gram)
A	= luas bidang kampuh las (mm^2)
$L_{welding}$	= panjang pengelasan (mm)
ρ	= massa jenis elektroda (g/cm^3)
g	= jarak antar sambungan pelat (mm)
W	= panjang <i>welding cap</i> (mm)
t	= tebal pelat (mm)
h	= tinggi <i>welding cap</i> (mm)
Z	= panjang kaki las (mm)
LOA	= panjang kapal keseluruhan (m)
LBP	= panjang antara garis tegak lurua kapal (m)
H	= tinggi kapal (m)
B	= lebar kapal (m)
T	= tinggi sarat kapal (m)

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pwbs su- block 3.....	54
Lampiran 2Pwbs sub-block 2.....	63
Lampiran 3 Pwbs sub-block 1.....	69
Lampiran 4 Daftar komponen dengan sambungan fillet.....	72
Lampiran 5 Daftar komponen dengan sambungan fillet dengan profil.....	98
Lampiran 6 Daftar komponen dengan sambungan butt	104
Lampiran 7 Penentuan jumlah sampling dengan metode slovin.....	107
Lampiran 8 Perhitungan berat las secara empirik	108
Lampiran 9 Perhitungan berat las dari sampel spesimen	109
Lampiran 10 Perbandingan berat hasil las secara empirik dan eksperimental	111
Lampiran 11 Welding procedure specification	112
Lampiran 12 Dokumentasi penelitian	115
Lampiran 13 Welding tabel.....	117
Lampiran 14 Pembagian blok pada kapal feri ro-ro 1500 gt	118
Lampiran 15 Desain gading-gading blok 7	119

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang masalah

Pada era sebelum perang dunia II kapal baja menggunakan konstruksi keling namun seiring perkembangan teknologi ditemukan metode pengelasan atau *welding* untuk menyambung konstruksi baja dengan hasil yang lebih kuat. Proses pengelasan bertujuan untuk menyatukan sambungan antara material logam yang memiliki struktur kimia yang sama maupun berbeda. Menurut Jeffus dalam Arifin & Hendrianto (2018) *Welding* didefinisikan sebagai "proses penggabungan bahan dengan cara memanaskannya sampai suhu pengelasan, dengan atau tanpa penerapan tekanan dan dengan atau tanpa penggunaan logam pengisi". Ada berbagai macam jenis proses pengelasan namun proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) merupakan yang paling umum digunakan dalam bidang industri logam, termasuk salah satunya dalam industri pembangunan dan reparasi kapal. Sejalan dengan perkembangan ini, ditemukan metode produksi kapal dengan sistem blok. Dimana kapal dibagi dalam beberapa seksi atau blok yang pembangunannya dapat dilakukan secara terpisah. Setiap blok biasanya sudah dilengkapi dengan beberapa *outfitting*, kemudian digabungkan dalam proses *erection* sehingga terbentuk satu bangunan kapal yang utuh.

Pengelasan SMAW dilakukan dengan memanfaatkan sumber panas dari listrik dan bahan pengisi atau *filler*. Adanya bahan pengisi pada proses pengelasan menyebabkan terjadinya pertambahan volume dan berat pada objek yang dilas. Panjang pengelasan pada konstruksi kapal baja dapat mencapai ribuan meter atau bahkan lebih, keadaan ini menyebabkan terjadi pertambahan berat yang signifikan pada konstruksi kapal.

Pengelasan dapat meningkatkan berat baja dan LWT kapal, sehingga dapat berdampak pada perhitungan berat baja dan mengganggu biaya pembangunan atau

nilai ekonomis kapal. Meskipun menambahkan berat margin pada saat perhitungan berat kapal dapat menghindari situasi ini, namun penambahan berat akibat pengelasan biasanya tidak termasuk dalam berat margin. Sebagai pedoman, berat margin yang digunakan untuk kapal konvensional sekitar 3%-5% dari DWT kapal dan terdiri dari berat toleransi suku cadang, outfitting, dan toleransi berat pada beberapa detail desain (Bertram & Schneekluth, 1998). Phoels (n.d) juga mencatat bahwa persentase berat baja terhadap displasemen kapal feri adalah 35%.

Hingga saat ini dalam pembangunan kapal belum diketahui secara pasti berapa persentase penambahan berat las yang terjadi akibat adanya proses pengelasan dan hanya berdasarkan perhitungan secara empirik. Maka dengan melihat fenomena ini, penulis ingin mencoba membandingkan berat pengelasan dari perhitungan empirik dengan hasil studi eksperimental pada blok kapal untuk mendapatkan besar penambahan berat pengelasan. Oleh karena itu diajukan penelitian dengan judul “**Studi Eksperimental Pertambahan Berat Pengelasan Pada Blok 7 Kapal Feri Ro-Ro 1500 GT**”.

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Berapa berat dalam satuan kg/m penambahan isian las pada struktur blok kapal secara empirik?
2. Berapa berat dalam satuan kg/m penambahan isian las pada struktur blok kapal secara secara ekperimental?
3. Berapa besar perbandingan antara berat hasil las secara empirik dan ekperimental?

1.3 Batasan masalah

Agar penelitian dapat lebih terfokus dan terarah maka akan disederhanakan pembahasan masalahnya dengan memperhatikan batasan masalah, diantaranya:

1. jenis pengelasan yang digunakan adalah SMAW (*Shield Metal Arc Welding*)
2. jenis elektroda yang digunakan adalah *carbon steel*.
3. jenis sambungan yang digunakan yaitu mengacu pada desain konstruksi las dan WPS kapal ferry yang telah dibuat di PT IKI.

1.4 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menghitung penambahan berat pengelasan pada struktur blok kapal secara empirik.
2. Menghitung penambahan berat pengelasan pada struktur blok kapal secara ekperimental.
3. Membandingkan antara berat hasil las secara empirik dan ekperimental.

1.5 Manfaat penelitian

Dari penelitian ini akan didapatkan hasil berupa nilai penambahan berat pengelasan per satuan panjang yang dapat dimanfaatkan untuk menentukan beban tambahan pada sebuah konstruksi las, menentukan biaya pengelasan, kebutuhan elektroda, serta biaya pengerjaan.

1.6 Sistematika penulisan

Agar semua materi pembahasan dapat tersaji secara sistematis dan terarah serta memudahkan pembaca, maka penulisan akan diuraikan dalam beberapa bab yang kemudian dikembangkan ke dalam beberapa sub bab. Adapun penjabaran kerangka penulisan sbagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN, pada bab ini penulis menguraikan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, serta sistematika penulisan

BAB II LANDASAN TEORI, pada bab ini membahas mengenai teori yang berhubungan dengan penelitian studi eksperimental penambahan berat pengelasan.

BAB III METODE PENELITIAN, dalam bab ini dibahas mengenai jenis penelitian, lokasi dan waktu penelitian, jenis dan metode pengambilan data, variable data, dan diagram alur penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, dalam bab ini di uraikan mengenai hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan serta mengolah data-data hasil eksperimen.

BAB V PENUTUP, bab ini menjelaskan mengenai kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta pada bab ini juga berisikan saran-saran agar nantinya dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk pengembangan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA, berisikan literatur-literatur yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teknik produksi kapal sistem blok

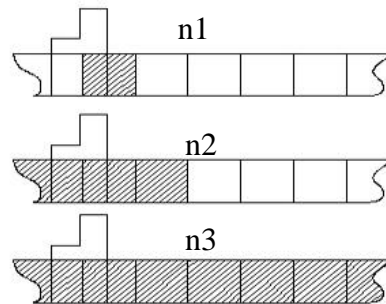
Ada banyak metode yang dapat diterapkan dalam proses pembangunan kapal baru, pemilihan metode ini dipengaruhi oleh banyak faktor seperti tipe kapal, ukuran kapal dan fasilitas galangan tempat kapal dibangun. Salah satu metode yang digunakan dalam membangun kapal baru adalah metode sistem blok, secara sederhana metode ini membuat pembangunan badan kapal dibagi kedalam beberapa potongan yang disebut dengan blok.

“Sistem blok adalah suatu sistem yang membagi seluruh badan kapal menjadi beberapa bagian atau blok dan tiap-tiap blok dibuat pada suatu tempat yang terpisah dan bila tiap-tiap blok tersebut selesai maka blok-blok ini disambung.” (Wahyuddin, 2011) :

Pengembangan pembangunan kapal dengan sistem blok dibagi menjadi 2 metode yaitu metode seksi *assembly* dan metode berlapis.

a) Metode seksi *assembly*

Yaitu metode yang pengembangan erectionnya berfokus pada arah vertikal dan penurunan yang ditetapkan pada satu blok dimulai dari dasar hingga ke *upper deck*.



Gambar II.1 Metode perakitan seksi assembly
(sumber: Wahyuddin, 2011)

keterangan :

1. n1 hari kalender keel laying: kamar mesin dan bagian bagian tangki parsial telah lengkap.
2. n2 hari kalender setelah keel laying: bagian belakang kapal/stern dan bagianbagian tangka telah menyambung.
3. n3 hari kalender setelah keel laying: bagian belakang/stern dan bagian depan/bow telah selesai atau lengkap.

Kelebihan dari metode ini adalah :

1. Oleh karena pembangunannya ditetapkan bahwa satu tangki pada satu waktu, maka pemeriksaan tangki menjadi cepat dan penggunaan peralatan dan permesinaan untuk ditangki menjadi mudah.
2. Pelaksanaan grand assembly dari blok-blok didarat menjadi lebih mudah dan dapat diharapkan terjadinya peningkatan effisiensi yang tinggi, sebab adanya derajat keselamatan kerja yang tinggi.

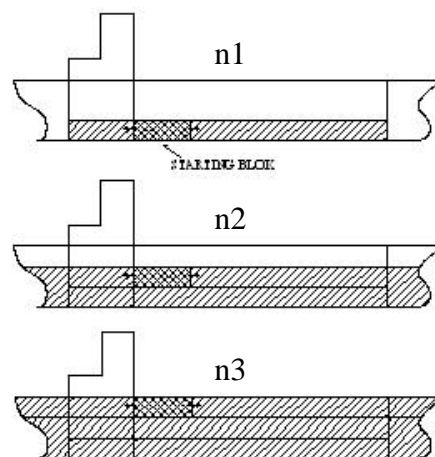
Kelemahan dari metode ini, yakni :

1. Karena pengembangan awal dari dasar kapal tidak memungkinkan waktu kosong antara pembangunan dari kapal-kapal berbeda tidak dapat diserap, sehingga menyulitkan untuk menyamaratakan beban pekerja.
2. pekerjaan yang campur aduk akan sering terjadi sehingga akan memperbesar pengaruh buruk pada lingkungan kerja.

3. Karena pekerjaan pada dasar kapal, sekat melintang, pelat kulit, upper deck dan bagian yang lain dicampur atau dengan kata lain dikerjakan bersamaan maka ketebalan pelat dan ukurannya berbeda, sehingga hal ini akan menimbulkan kondisi naik dan turun dalam pembuatan distribusi pekerjaan untuk para pekerja akan menjadi sulit. Oleh karena itu keadaan naik dan turunnya dalam batas area dan pembagian pekerjaan lebih seperti yang sering terjadi selama tahap assembly.

b) Metode berlapis

Pada metode ini perakitan kapal berfokus pada arah horizontal dari blok permulaan, sehingga dimulai dari blok bottom, sekat-sekat dan seterusnya.



Gambar II.2 metode perakitan berlapis (sumber: Wahyuddin, 2011)

keterangan :

1. n1 hari kalender keel laying: perakitan dari bagian dasar.
2. n2 hari kalender setelah keel laying: perakitan bagian bawah dari sekat-sekat dan pelat kulit.
3. n3 hari kalender setelah keel laying: pengembangan bagian atas sekat-sekat dan pelat kulit dan perakitan upper deck.

Kelebihan dari metode ini adalah :

1. Oleh karena suatu pertimbangan bahwa sejumlah pekerja akan terlibat pada saat pelaksanaan erection, maka waktu luang yang terjadi sebelum dan setelah peluncuran kapal dapat diatasi dengan cepat. metode ini sangat efektif untuk perakitan awal pada bagian dasar yang relatif melibatkan jumlah pekerja lebih besar.
2. Sebab pekerja-pekerja yang sama dapat terlibat dalam pekerjaan yang sama dalam suatu waktu/masa yang sudah pasti, penyempurnaan dalam efisiensi tidak diharapkan melalui spesialisasi.
3. Tidak ada pekerjaan kearah vertikal dan pekerjaan yang campur aduk dapat dihindari, sehingga lingkungan kerja dapat menjadi baik, kerja menjadi aman dan hal ini akan meningkatkan efisiensi besar.
4. Jika hanya metode pelapisan yang digunakan, maka secara sekwen lokasi-lokasi pekerja akan bergerak/berpindah dari dasar kapal ke sekat melintang dan sekat memanjang, pelat kulit dan akhirnya ke upper deck, sehingga pekerjaan tersebut dapat diselesaikan dengan hanya beberapa pekerja saja dan hal ini mempermudah untuk membagi rata pekerjaan. Oleh karena blok-blok yang sama dikerjakan dalam waktu yang sama, maka langkah untuk otomatisasi dan penggunaan permesinan pada tahap di assembly menjadi lebih mudah.

Kelemahan dari metode ini , yakni :

1. Dibandingkan dengan perakitan kearah memanjang, maka penyelesaian pekerjaan kearah vertikal akan menjadi lambat, sehingga penyelesaian kompartemen kapal secara individual akan menjadi lambat dan inspeksi tangkitangki dan pekerjaan outfitting akan menjadi menurun. Secara umum keinginan untuk memperpendek waktu pembangunan dan peningkatan produksi tidap dapat diharapkan.
2. Derajat deformasi dari bentuk kapal menjadi besar, khususnya permintaan pada bagian depan (bow) dan belakang (stern) kapal akan bertambah besar sehingga ketepatan akhir dari kapal akan menjadi jelek.

2.2 Baja marine

Baja umumnya digunakan dalam konstruksi *engineering* sebagai material konstruksi karena sifatnya yang kuat, fleksibel dan mudah untuk disambung. Dalam pembangunan kapal ada berbagai macam jenis dan bentuk baja yang digunakan untuk konstruksi kapal, salah satu jenis baja yang sering digunakan dalam untuk konstruksi *engineering* kapal yaitu baja dengan kandungan karbon yang rendah. Baja dengan kandungan karbon yang rendah memiliki sifat mekanis yang baik serta banyak digunakan untuk kondisi *normalizing*.

Normalizing baja adalah proses pemanasan baja ke daerah austenite sehingga diperoleh struktur mikro austenite, dan selanjutnya didinginkan di udara normal hingga temperature kamar. Dengan demikian struktur dalam material yang telah berubah akibat perlakuan mekanik (pembebanan), ataupun karena bekerja pada temperatur tinggi atau rendah dikembalikan ke struktur yang normal lewat proses *normalizing* (Bondan & T. Sofyan, 2010).

Salah satu jenis material baja dengan kandungan karbon yang rendah (Low Carbon Steel) yaitu baja SS 400 dengan kandungan karbon dibawah 0.3% dengan kandungan kimia berupa Karbon (C), mangan (Mn), silikon (Si), sulfur (S) dan pospor (P). Menurut Siswanto (2011) Baja yang digunakan untuk membangun kapal diatur oleh Biro Klasifikasi, umumnya menggunakan baja yang mengandung 0.15% – 0.23% kandungan unsur karbon.

2.3 Berat Margin

Berat margin pada kapal merupakan penambahan yang dilakukan atas dasar adanya toleransi berat pada beberapa komponen yang ada di kapal. Seperti berat baja yang tidak bisa seratus persen sama dengan yang disediakan di pasaran hingga berat komponen yang disuplai oleh produsen lain.

Berat margin yang direkomendasikan adalah 3% deadweight untuk kapal kargo baru. Jika pembangun kapal memiliki sedikit pengalaman dalam mendesain dan membangun tipe kapal yang diminta, berat dan stabilitas margin harus ditingkatkan. Khususnya pada kasus pembangunan kapal

penumpang untuk pertama kalinya. Namun, jika desainnya adalah rekonstruksi atau mirip dengan kapal yang ada, margin dapat dikurangi secara signifikan. Berat margin yang kecil merupakan salah satu kelebihan dari produksi seri. Volker Bertram dan H. Schneekluth (1998).

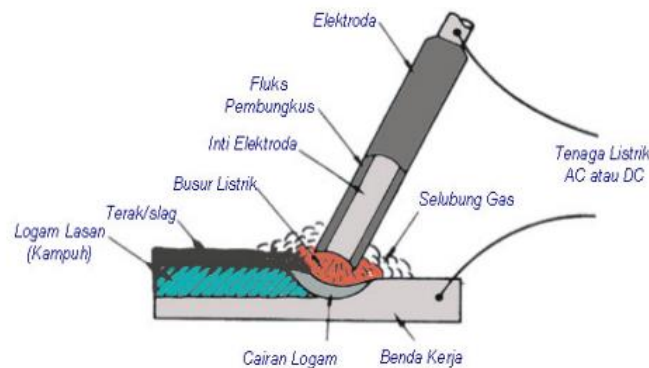
2.4 *Welding procedure specification (WPS)*

Welding procedure spesification (WPS) adalah dokumen tertulis resmi yang menjelaskan prosedur pengelasan, yang memberikan arahan kepada *welder* atau operator pengelasan agar menghasilkan pengelasan yang baik dan berkualitas sesuai dengan persyaratan. Tujuan dari dokumen tersebut yaitu untuk memandu tukang las sesuai dengan prosedur yang ditetapkan sehingga diperoleh pengelasan yang dapat diulang dan terjamin kualitasnya. WPS dikembangkan untuk setiap paduan material dan untuk setiap jenis pengelasan yang digunakan. Code khusus dan/atau asosiasi engineering seringkali menjadi kekuatan pendorong di belakang pengembangan WPS perusahaan. WPS didukung oleh Catatan Kualifikasi Prosedur (PQR atau WPQR). PQR adalah catatan uji las yang dilakukan dan diuji lebih ketat untuk memastikan bahwa prosedur tersebut akan menghasilkan las yang baik. Tukang las individu disertifikasi dengan tes kualifikasi yang didokumentasikan dalam *Welder Qualification Test Record (WQTR)* yang menunjukkan bahwa mereka memiliki pemahaman dan kemampuan yang ditunjukkan untuk bekerja dalam WPS yang ditentukan.

2.5 *Las smaw (shielded metal arc welding)*

Pengelasan merupakan penyambungan dua bahan atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip proses difusi, sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Kelebihan sambungan las adalah konstruksi ringan, dapat menahan kekuatan yang tinggi, mudah pelaksanaannya, serta cukup ekonomis. Namun kelemahan yang paling utama adalah terjadinya perubahan struktur mikro bahan yang dilas, sehingga terjadi perubahan sifat fisik maupun mekanis dari bahan yang dilas (Riswan, 2008).

Salah satu varian dari metode pengelasan yang sering digunakan yaitu las listrik busur elektroda terlindungi atau lebih dikenal dengan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) dimana pengelasan ini memanfaatkan sumber panas dari listrik dan bahan pengisi atau *filler* yang terbungkus pada elektrodanya.



Gambar II.3 Prinsip kerja las listrik (sumber: Riswan, 2008)

Terkadang dua logam yang disambung dapat menyatu secara langsung, namun terkadang masih diperlukan bahan tambahan lain agar deposit logam lasan terbentuk dengan baik, bahan tersebut disebut bahan tambah (filler metal). Filler metal biasanya berbentuk batangan, sehingga biasa dinamakan welding rod (Elektroda las). Pada proses las, welding rod dibenamkan ke dalam cairan logam yang tertampung dalam suatu cekungan yang disebut welding pool dan secara bersama-sama membentuk deposit logam lasan ... (Riswan, 2008).

Dalam proses pengelasan SMAW akan terjadi dua tahap perlindungan yang bertujuan untuk mencegah terjadinya oksidasi dan perubahan komposisi kimiawi pada cairan logam dikarenakan hal ini akan berdampak pada kekuatan hasil las yang berkurang dan mempercepat korosi, tahap perlindungan yang dimaksud yaitu perlindungan pada saat logam dicairkan oleh gas-gas yang terbentuk pada saat proses pembakaran serta perlindungan pada saat proses pembekuan logam oleh terak atau slag.

2.6 Perubahan sifat logam setelah pengelasan

Pencairan logam saat pengelasan menyebabkan adanya perubahan fasa logam dari padat hingga mencair. Ketika logam cair mulai membeku akibat pendinginan cepat, maka akan terjadi perubahan struktur mikro dalam deposit logam las dan logam dasar yang terkena pengaruh panas (*Heat affected zone/HAZ*). Struktur mikro dalam logam lasan biasanya berbentuk columnar, sedangkan pada daerah HAZ terdapat perubahan yang sangat bervariasi. Sebagai contoh, pengelasan baja karbon tinggi sebelumnya berbentuk pearlite, maka setelah pengelasan struktur mikronya tidak hanya pearlite, tetapi juga terdapat bainite dan martensite (lihat Gambar 4).



Gambar II.4 Struktur makro sambungan las (sumber: Riswan, 2008)

Perubahan ini mengakibatkan perubahan pula sifat-sifat logam dari sebelumnya. Struktur mikro pearlite memiliki sifat liat dan tidak keras, sebaliknya martensite mempunyai sifat keras dan getas. Biasanya keretakan sambungan las berasal dari struktur mikro ini (Riswan, 2008).

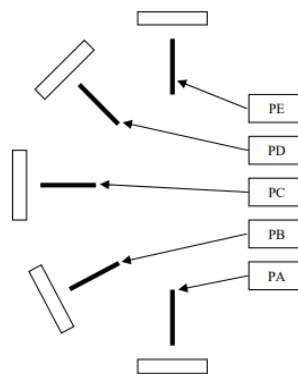
2.7 Posisi pengelasan

Posisi dalam proses pengelasan sangat berpengaruh terhadap bentuk deposit dari kampuh las yang selanjutnya berefek pada kekuatan dan ketahanan hasil las, hal ini dikarenakan hampir sebagian besar proses pengelasan dilakukan dengan proses LSW (*Liquid State Welding*) yaitu dimana proses pengelasan dapat terjadi karena kedua ujung material dicairkan oleh suhu yang sangat tinggi.

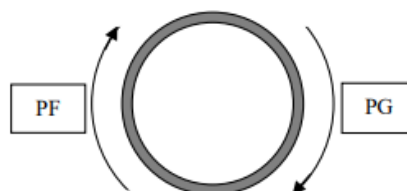
Dalam dunia industri posisi pengelasan perlu diberi kode tertentu agar tidak terjadi kekeliruan dalam menentukan juru las serta prosedur pengelasannya. Ada dua macam pengkodean yang dikenal dalam dunia industri yaitu AWS (*American Welding Society*) dan ISO (*International Standard Organization*)

Berdasarkan kode yang ditetapkan oleh AWS, posisi las dikaitkan pada jenis teknik sambungan las, jika sambungan berkampuh (*groove*) maka kode posisinya dengan huruf G, untuk posisi *down-hand* 1G, horisontal 2G, vertikal 3G, *over-head* 4G, pipa dengan sumbu horisontal 5G, dan pipa miring 45° 6G. Jika sambungan las tidak berkampuh/tumpul (*fillet*) maka kodenya adalah F, untuk posisi *down-hand* 1F, horisontal 2F, vertikal 3F, dan *over-head* 4F (Riswan, 2008).

Sistim kode posisi las yang ditetapkan ISO berbeda dengan AWS. Kode posisi las menurut ISO didasarkan pada posisi elektroda saat pengelasan dilakukan, untuk pengelasan plat diberi kode PA, PB, PC, PD, dan PE, sedangkan pengelasan pipa naik PF dan pipa turun PG (Riswan, 2008).



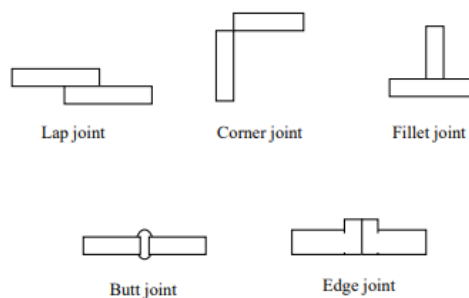
Gambar II.5 Kode ISO posisi las flat (sumber: Riswan, 2008)



Gambar II.6 Kode ISO posisi las pipa (sumber: 2008)

2.7.1 Klasifikasi bentuk sambungan las

Dalam proses penyambungan besi dengan pengelasan terdapat beberapa bentuk dasar yang dikenal diantaranya yaitu *butt joint*, *fillet joint*, *lap joint*, *edge joint* dan *corner joint*.



Gambar II.7 Berbagai bentuk sambungan las (sumber: Riswan, 2008)

A. Butt joint

Merupakan bentuk sambungan tumpul dimana bagian material yang disambung terlebih dahulu di bevel agar elektroda las dapat terpenetrasi dengan penuh pada sambungan.

B. Fillet joint

Sambungan ini juga disebut *T joint* karena membentuk huruf T dengan sudut 90 derajat dengan satu bagian yang terletak di tengah bagian lainnya.

C. Lap joint

Merupakan jenis sambungan dimana material diletakkan bertumpuk atau tumpang tindih, biasanya diaplikasikan pada objek berbentuk pelat seperti pada pelat *doubling* dan dapat di las pada satu atau kedua sisinya.

D. Edge joint

Merupakan sambungan yang menggabungkan dua objek secara paralel yang dapat dibuat sejajar atau memiliki *flens*.

E. Corner joint

Merupakan jenis sambungan yang terbentuk pada bagian sudut material yang di las.

2.8 Elektroda

Elektroda merupakan bahan yang digunakan dalam proses pengelasan busur listrik, elektroda berdasarkan klasifikasi AWS (*American Welding society*) dinyatakan dengan tanda E XXXX dengan arti sebagai berikut:

1. E menyatakan elektroda busur listrik
2. XX dua angka setelah huruf E menunjukkan kekuatan tarik deposit las minimum x 100 psi
3. X digit ketiga menyatakan posisi pengelasan, angka 1 berarti untuk semua posisi, angka 2 berarti elektroda dapat digunakan untuk posisi *down hand*, angka 3 berarti hanya dapat digunakan untuk posisi *down hand* saja, angka 4 mengartikan dapat digunakan untuk semua posisi kecuali arah turun.
4. X digit ke empat menyatakan jenis selaput dan jenis arus yang cocok untuk dipakai.

Elektroda jenis ini merupakan jenis elektroda terumpan yaitu elektrode berbentuk batang atau kawat yang diumpankan sebagai logam pengisi dalam pengelasan busur. Panjang batang las pada umumnya sekitar 9 sampai 18 in. (225 sampai 450 mm) dengan diameter $\frac{1}{4}$ in. (6,5 mm) atau kurang. Kelemahan dari elektrode bentuk batang, selama pengoperasiannya harus diganti secara periodik, sehingga memperkecil waktu busur dalam pengelasan. Elektrode bentuk kawat memiliki kelebihan bahwa pengumpanan dapat dilakukan secara kontinu karena kawat memiliki ukuran jauh lebih panjang dibandingkan dengan elektrode bentuk batang. Baik elektrode bentuk batang maupun bentuk kawat kedua-duanya diumpankan ke busur listrik selama proses dan ditambahkan ke sambungan las-an sebagai logam pengisi (Siswanto, 2018).

Pelindung busur; pada suhu tinggi dalam pengelasan busur, logam yang disambung sangat mudah bereaksi dengan oksigen, nitrogen, dan hidrogen dalam udara bebas. Reaksi ini dapat memperburuk sifat mekanis sambungan las-an. Untuk melindungi pengelasan dari pengaruh yang tidak diinginkan tersebut, digunakan gas pelindung dan/atau fluks untuk menutup ujung elektrode, busur, dan genangan las-an cair, sehingga tidak berhubungan secara langsung dengan udara luar sampai logam las-an tersebut menjadi padat (Siswanto, 2018).

Fluks, digunakan untuk mencegah terbentuknya oksida dan pengotoran lainnya. Selama proses pengelasan, fluks melebur dan menjadi terak cair, menutup operasi dan melindungi logam las-an lebur. Terak akan mengeras setelah pendinginan dan harus dilepaskan dengan cara dipecahkan. Fluks biasanya diformulasikan untuk melakukan beberapa fungsi, seperti :

memberikan perlindungan pengelasan terhadap pengaruh udara luar, untuk menstabilkan busur, dan untuk mengurangi terjadinya percikan.

Metode pemakaian fluks berbeda untuk setiap proses. Teknik pemberian fluks dapat dilakukan dengan cara :

1. menuangkan butiran fluks pada operasi pengelasan,
2. menggunakan elektrode batang yang dibungkus dengan fluks dan fluks tersebut akan melebur selama pengelasan untuk menutup operasi, dan
3. menggunakan fluks yang ditempatkan dalam inti elektrode tabular dan fluks dilepaskan pada saat elektrode diumpankan.

2.9 welding table

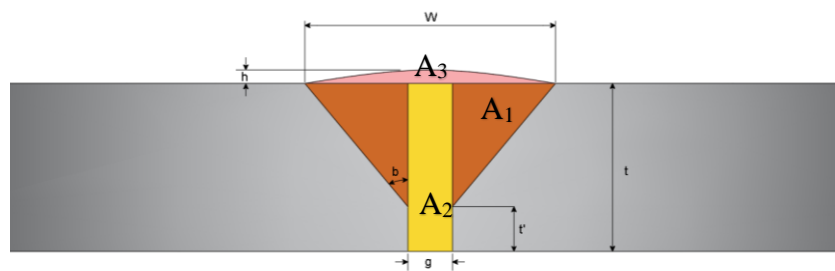
Welding table merupakan sebuah dokumen yang telah disetujui oleh biro klasifikasi berisikan informasi mengenai daftar sambungan-sambungan pengelasan yang terdapat pada sebuah desain konstruksi yang mencantumkan bagian-bagian yang akan dihubungkan.

The image shows a detailed welding table with columns for 'DAFTAR HUBUNGAN LAS' (Welding Joint List) and 'MACAM LAS TUMPUK' (Butt Joint Types). The table lists various joint types such as 'SAMBUNG DUDUK', 'SAMBUNG TEGANG', and 'SAMBUNG TEGANG MELINTANG'. To the right, there are diagrams for different butt joint configurations, including 'UNTUK TEBAL PELAT' (for thick plates) and 'UNTUK LEMBAR' (for sheets). The diagrams show the cross-section of the joint and the type of weld used, such as 'LAS TUMPUK' (butt weld) and 'LAS DUDUK' (lap joint).

Gambar II.8 Welding table (sumber: PT IKI Makassar)

2.10 Berat pengelasan

Untuk mengetahui massa dari hasil pengelasan dapat diketahui dengan cara menghitung volume pengelasan, panjang pengelasan lalu dikalikan dengan massa jenis kawat las.



Gambar II.9 Kampuh las tumpul

Berat dari kampuh las tumpul didapatkan dengan persamaan sebagai berikut:

$$W_{bw} = A \times L_{welding} \times \rho \tag{1}$$

Dimana :

W_{bw} = Weight of butt weld (massa dari las tumpul)

A = luas bidang kampuh las tumpul

$L_{welding}$ = panjang pengelasan

ρ = massa jenis kawat las

Untuk mendapatkan luas bidang kampuh las tumpul dapat menggunakan persamaan berikut :

$$A = A_1 + A_2 + A_3 \quad (2)$$

Dimana nilai dari A_1 , A_2 , dan A_3 adalah :

$$A_1 = \frac{w \times \text{tinggi groove}}{2} \quad (3)$$

$$A_2 = g \times t \quad (4)$$

$$A_3 = \frac{W \cdot h}{2} \quad (5)$$

g = jarak antara sambungan pelat

b = sudut kampuh

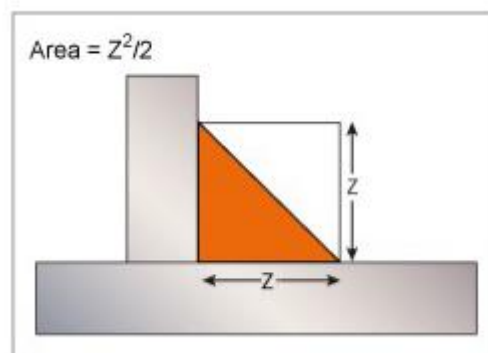
W = panjang dari welding cap

w = panjang kampuh

t = tebal pelat

h = tinggi *welding cap*

Adapun berat las sudut dapat didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :



Gambar II.10 Kampuh las sambungan sudut

$$W_{fw} = \left(\frac{Z^2}{2}\right) \times L_{welding} \times \rho \quad (6)$$

Dimana :

W_{fw} = *weight of fillet weld* (berat las sudut)

Z = panjang kaki las (*leg size*)

ρ = massa jenis

$L_{welding}$ = panjang pengelasan

Ukuran dari *fillet welding* dapat ditentukan berdasarkan aturan yang dikeluarkan oleh AWS.

Table 5.8			
Minimum Fillet Weld Sizes (see 5.14)			
Base-Metal Thickness (T)*		Minimum Size of Fillet Weld**	
in.	mm	in.	mm
$T \leq 1/4$	$T \leq 6$	$1/8^{***}$	3
$1/4 < T \leq 1/2$	$6 < T \leq 12$	$3/16$	5
$1/2 < T \leq 3/4$	$12 < T \leq 20$	$1/4$	6
$3/4 < T$	$20 < T$	$5/16$	8

Gambar II.11 Ukuran minimum fillet weld (sumber: AWS D1.1)