

SKRIPSI

ANALISA BEBAN KERJA PENGELASAN PADA PROSES PERAKITAN BLOK XI KAPAL FERRY RO-RO 300 GT

Disusun dan diajukan oleh:

**IMAM NAUFAL
D311 16 309**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**ANALISA BEBAN KERJA PENGELASAN PADA PROSES PERAKITAN
BLOK XI KAPAL FERRY RO-RO 300 GT**

Disusun dan diajukan oleh

Imam Naufal
D31116309

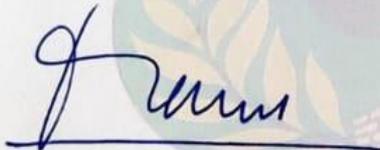
Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Perkapalan

Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal 04 Agustus 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping



Ir. Farianto Fachruddin MT.
Nip.19700426 199412 1 001



Dr. Ir. Syamsul Asri MT.
Nip. 19650318 199103 1 003

Ketua Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



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

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Imam Naufal
NIM : D311 16 309
Program Studi : Teknik Perkapalan
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

**(Analisa Beban Kerja Pengelasan Pada Proses Perakitan Blok XI 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.

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, 08 Agustus 2023

Yang Menyatakan



Imam Naufal

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur kehadirat Allah *subhanahu wa ta'ala*, atas berkat rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “**Analisa Beban Kerja Pengelasan Pada Proses Perakitan Blok XI Kapal Ferry Ro-Ro 300 GT**”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan studi sarjana (S1) di Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Serta shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada *Rasulullah Muhammad Shallallahu 'alaihi wasallam*.

Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini terdapat berbagai macam hambatan, namun semuanya dapat teratasi berkat bantuan, bimbingan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan. Sehingga penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran yang membangun demi kesempurnaan tulisan ini.

Penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua penulis, Ibunda **Oni** dan ayahanda **zainal** yang senantiasa mendoakan, mendukung, dan memberikan kepercayaan atas setiap proses yang penulis jalani. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak **Ir. Farianto Fachruddin MT.** selaku dosen Laboratorium Produksi Kapal serta Pembimbing Utama dan Bapak **Dr. Ir. Syamsul Asri MT.** selaku pembimbing pendamping serta dosen laboratorium struktur.
2. Bapak **Wahyudin, ST., MT.** selaku Ketua laboratorium Produksi serta penguji dan bapak **Moh. Rizal Firmansyah, ST. MT. M.ENG.** selaku penguji serta dosen Laboratorium Produksi Kapal.
3. Bapak **Prof. Dr. Eng., Suandar Baso, ST., MT.** selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan selaku penasehat akademik penulis.
4. Bapak Ibu dosen Departemen Teknik Perkapalan yang telah mengajar penulis.
5. Seluruh staff Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang selalu membantu segala administrasi selama kuliah.

6. Om Andry selaku pengganti orang tua atau wali yang telah banyak memberikan bantuan untuk penulis dalam menyelesaikan perkuliahan,
7. Om acca yang telah memberikan perhatian dan dorongan.
8. Teman-teman angkatan 2016 yang telah banyak memberi masukan dan membantu penulis. Andi arif, Tandi, Cleo petra, Ardibibip, dan Michael hitijahubessy
9. Teman seperjuangan Laboratorium Produksi 2016. Baso yang telah memberikan masukan dan membantu penulis.
10. Una selaku calon teman hidup yang selalu memberikan semangat kepada penulis untuk menyelesaikan perkuliahan.
11. Teman-teman Naval Architecture 2016 yang menemani selama berkuliah.
12. Senior junior yang telah bersedia berdiskusi dan berbagi ilmu.
13. Dan juga semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang memiliki peranan dan kontribusi yang sangat penting dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak.

Gowa, 08 Agustus 2023

Penulis

ABSTRAK

Imam Naufal. 2023 "ANALISA BEBAN KERJA PENGELASAN PADA PROSES PERAKITAN BLOK XI KAPAL FERRY RO-RO 300 GT" (dibimbing oleh **Farianto Fachruddin** dan **Syamsul Asri**).

Pembangunan kapal merupakan suatu pekerjaan yang kompleks dan membutuhkan banyak waktu. Cepat atau lambat proses pembangunan kapal tergantung dari metode pembangunan yang digunakan. Dalam proses pembangunan kapal, Untuk merencanakan proses pengelasan pada material plat, diperlukan beberapa metode dan juga posisi yang tepat. Pembangunan kapal dengan metode pembagian block dapat memudahkan dalam perhitungan beban pekerjaan dan menjadi acuan perencanaan dalam perhitungan biaya pembangunan kapal. Penelitian ini menggunakan metode studi literatur, yaitu dengan melakukan pembuatan grand block division menggunakan software sketchup berdasarkan dimensi ukuran pada block serta ukuran pada tiap-tiap elemen konstruksi pada bagian (blok B.11) kapal ferry 300 GT kemudian menentukan Jumlah Komponen Konstruksi, Berat Block, Panjang Objek Pengelasan dan Perhitungan Kebutuhan Elektroda. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Jumlah sub-block pada kapal Ferry Ro-Ro 300GT berjumlah 3 yaitu Passenger deck, Portside dan Starboard. Untuk sub blok portside memiliki 5 komponen yaitu side plate, web frame, mainframe, stringer, dan bracket begitupun dengan starboard, sedangkan untuk sub block passenger deck memiliki 5 komponen yaitu deck plate, transversal deck beam, girder transversal deck beam, longitudinal deck beam dan bracket. Total panjang objek pengelasan untuk sub blok passenger deck yaitu 157,57m, total panjang pengelasan untuk portside dan starboard sama maka dapat di simpulkan panjangnya adalah 70,48 m. Kemudian Kebutuhan elektroda pada kapal Ferry Ro-Ro 300GT untuk sub-blok passenger yaitu seberat 19,21 kg untuk portside dan starboard seberat 8,59 kg.

Kata kunci : Pembangunan kapal, Proses pembangunan kapal, Pengelasan, Grand block division, Kapal Ferry Ro-Ro, Sketchup

ABSTRACT

Imam Naufal, 2023 "Analysis of Welding Workload in the Assembly Process of Block XI of 300 GT Ro-Ro Ferry" (supervised by Farianto Fachruddin and Syamsul Asri)

Ship construction is a complex task that requires a significant amount of time. The speed or slowness of the shipbuilding process depends on the construction methods employed. In the process of shipbuilding, welding of materials is crucial and requires careful planning. To plan the welding process for plate materials, several methods and appropriate positions are necessary. Shipbuilding with a block system has become the goal of shipyards nowadays, as this method can shorten the cycle and reduce costs in ship manufacturing. Ship construction using the block division method simplifies workload calculations and serves as a reference for cost estimations in shipbuilding. This study employs a literature review method, which involves creating a grand block division using SketchUp software based on the dimensions of the block and the dimensions of each construction element in the section (block B.11) of a 300 GT ferry. The study then determines the Number of Construction Components, Block Weight, Length of Welding Objects, and Electrode Requirement Calculations. The results of the study reveal that the number of sub-block in the 300 GT Ro-Ro Ferry is 3, namely Portside and Starboard. The portside sub-block consists of 5 components: side plate, web frame, mainframe, stringer, and bracket. Similarly, the starboard sub-block comprises these same components. For the sub-block "passenger deck," there are 5 components: deck plate, transverse deck beam, girder transverse deck beam, longitudinal deck beam, and bracket. The total length of welding objects for the passenger deck sub-block is 157.57 meters. The total welding length for portside and starboard is the same, amounting to 70.48 meters. Moreover, the electrode requirement for the 300 GT Ro-Ro Ferry's passenger sub-block is 19.21 kg for portside and starboard, each weighing 8.59 kg.

Keywords: Ship construction, Shipbuilding process, Welding, Grand block division, Ro-Ro Ferry, SketchUp

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB 2.....	6
2.1 Karakteristik Kapal Ferry.....	6
2.2 Proses Pembangunan Kapal dan Perkembangannya.....	7
2.3 Teknologi Produksi Kapal dan Pembangunan Sistem Blok.....	8
2.4 Konsep <i>Product Work Breakdown Structure</i> (PWBS).....	11
2.5 Pengelasan.....	28
2.6 Kualifikasi Pengelasan.....	30
2.7 Konsep Welding Procedure Specification (WPS).....	30
2.7.1 Langkah-langkah Pembuatan Prosedur Pengelasan (WPS).....	32
2.7.2 Faktor Utama Penyusunan Pengelasan (WPS).....	32
2.7.3 Cara Mengkualifikasi Prosedur Pengelasan (WPS).....	33
2.8 Teknik Pengelasan.....	33
2.8.1 Pengertian Pengelasan.....	33

2.8.2	Pengelasan SMAW.....	34
2.9	Elektroda Las.....	35
2.9.1	Panjang Pengelasan Per Batang dan Utilitasi Elektroda.....	36
2.9.2	Berat Satu Batang Elektroda	37
2.10	Posisi Pengelasan	37
1.	Pelat.....	37
2.	Pipa.....	40
2.11	Sambungan Las	42
2.11.1	Detail Sambungan Las	43
1.	Sudut Menerus	47
2.	Sudut Putus – Putus.....	47
C.	Sambungan dengan Tebal Pelat Berbeda	50
BAB 3	51
3.1	Metode Penelitian	51
3.2	Kerangka Pemikiran	54
BAB 4	55
4.1	Desain Produksi Kapal Ferry Ro-Ro 1500 GT.....	55
4.2	Pembagian Blok 11	57
4.2.1	Sub-block	58
4.2.2	Komponen	59
4.3	Urutan Perakitan Blok 11	62
4.4	Perhitungan Kebutuhan Elektroda	68
BAB 5	70
5.1	Kesimpulan.....	70
5.2	Saran	71
DAFTAR PUSTAKA	72

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Sejarah Perkembangan Metode Pembangunan Kapal	8
Gambar 2. 2 Pembangunan Kapal Sistem Blok	10
Gambar 2. 3 <i>Komponen-komponen Teknologi PWBS</i>	12
Gambar 2. 4 <i>Tahapan pembangunan kapal berdasarkan HBCM</i>	15
Gambar 2. 5 <i>Gambar 2.5 Aspek produksi HBCM</i>	16
Gambar 2. 6 <i>Part fabrication yang tidak dapat dibagi lagi (HBCM)</i>	18
Gambar 2. 7 <i>Part Assembly yang berada di luar aliran kerja utama</i>	18
Gambar 2. 8 <i>Sub-block Assembly berdasarkan tingkat kesulitan</i>	19
Gambar 2. 9 <i>Semi-block dan block Assembly pada block tengah dasar ganda dalam ruang muat</i>	22
Gambar 2. 10 <i>Block Assembly dan Grand-Block Joining, pada tangki sayap atas</i>	22
Gambar 2. 11 <i>Block Assembly dan Grand-Block Joining, pada tangki sayap atas</i>	23
Gambar 2. 12 <i>Block Assembly dan Grand-Block Joining, sekat bergelombang melintang</i>	23
Gambar 2. 13 <i>Block Assembly dan Grand-Block Joining, block buritan</i>	24
Gambar 2. 14 <i>Block Assembly, geladak katas dan block datar ruang mesin</i>	24
Gambar 2. 15 <i>Semi-block dan Block Assembly, bulbous bow</i>	25
Gambar 2. 16 <i>Semi-block dan Block Assembly, gelada katas kimbul</i>	25
Gambar 2. 17 <i>Grand-block joining, geladak kimbul</i>	26
Gambar 2. 18 <i>Block Assembly dan Grand-block joining, dasar/alas kamar mesin</i>	26
Gambar 2. 19 <i>Block Assembly, kulit kamar mesin</i>	27
Gambar 2. 20 <i>Tahapan Proses Pembangunan Kapal</i>	29
Gambar 2. 21 <i>Las SMAW</i>	35
Gambar 2. 22 <i>Sambungan Las</i>	42
Gambar 2. 23 <i>Macam-Macam Las</i>	43
Gambar 2. 24 <i>Macam-Macam Las Sudut</i>	43
Gambar 2. 25 <i>Las Sudut Rantai dan Zig-Zag</i>	48
Gambar 2. 26 <i>Gambar 2- 10 Pengelasan Dengan Perbedaan Ketebalan</i>	50
Gambar 3. 1 <i>Kerangka Alur Penelitian</i>	54
Gambar 4. 1 <i>Rencana Umum Kapal Ferry Ro-Ro 300 GT</i>	56
Gambar 4. 2 <i>Gambar 4.17. Urutan Perakitan Blok 24</i>	58
Gambar 4. 3 <i>Desain 3D Perakitan Sub-Blok untuk General Block 2</i>	59

Gambar 4. 4. Pembagian Sub-Blok Pasenger Deck Menjadi Komponen.....	60
Gambar 4. 5 Pembagian Sub-Blok <i>Side Shell Starboard</i> dan <i>Portside</i> menjadi Komponen	62
Gambar 4. 6. Urutan Perakitan Panel <i>Passenger Deck</i>	64
Gambar 4. 7. Urutan Perakitan Panel <i>Web Frame</i>	66
Gambar 4. 8 Urutan Perakitan Panel <i>Web Frame</i>	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Las Tumpul (<i>Butt/Groove Weld</i>) Untuk Pelat.....	37
Tabel 2. 2 Las Sudut (<i>Fillet Weld</i>) Untuk Pelat.....	39
Tabel 2. 3 Las Tumpul (<i>Butt/Groove Weld</i>) Untuk Pipa	40
Tabel 2. 4 Las Sudut (<i>Fillet Weld</i>) Untuk Pipa	41
Tabel 2. 5 Detail Sambungan <i>Butt/Groove Weld</i>	45
Tabel 2. 6 Detail Sambungan Las Sudut	48
Table 4. 1 Komponen Sub-blok Passenger Deck	59
Table 4. 2 Panel Starboard	61
Table 4. 3 Panel Portside.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan kapal merupakan suatu pekerjaan yang kompleks dan membutuhkan banyak waktu. Cepat atau lambatnya proses pembangunan kapal tergantung dari metode pembangunan yang digunakan, dan tentunya jenis metode yang digunakan juga harus memperhatikan berbagai faktor seperti sumber daya manusia, fasilitas galangan dan area pembangunan.

Dalam proses pembangunan kapal, pengelasan material sangat penting untuk direncanakan kebutuhannya. Untuk merencanakan proses pengelasan pada material plat, diperlukan beberapa metode dan juga posisi yang tepat. Dimana semua bagian konstruksi kapal diklasifikasikan ke dalam kelompok produk berdasarkan kesamaan proses kerja dan bentuk produk dalam proses atau tahapan produksi, Secara logika PWBS pertama-tama membagi proses pembuatan kapal menjadi tiga jenis pekerjaan dasar, yaitu konstruksi lambung, perlengkapan dan pengecatan, karena masing-masing membebankan masalah yang berbeda. Selanjutnya, masing-masing dengan mudah dibagi pada setiap jenis pekerjaan fabrikasi dan perakitan. (Okayama Y. , 1980)

Pembangunan kapal dengan sistem block sendiri pada saat ini menjadi citacita dari pihak galangan karena dengan metode seperti ini dapat

mempersingkat siklus serta mengurangi biaya dalam pembuatan kapal, untuk pembuatan block kapal sendiri, siklus perencanaan dipengaruhi oleh ukuran pada setiap block dan setiap block diklasifikasikan sesuai dengan struktur dan fungsinya yang berbeda (Qu & Jiang, 2012)

Pembangunan kapal dengan metode pembagian block seperti ini juga memudahkan dalam perhitungan beban pekerjaan dan menjadi acuan perencanaan dalam perhitungan biaya pembangunan kapal. Biaya dapat di indeks pada salah satu variabel yaitu berat (TON), berat sendiri di artikan pada berat keseluruhan satu block kapal (TON). Pada komponen berat block tidak semata hanya pada komponen-komponen konstruksi melainkan berat pengelasan juga patut diperhitungkan sehingga berat pengelasan juga menjadi faktor dalam penentuan biaya pembangunan untuk satu block. Pendekatan yang dapat digunakan dalam penentuan biaya pengelasan adalah melihat berapa besar kebutuhan elektroda yang digunakan dalam pembangunan satu block kapal (Gordo & Manuel, 2017)

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah :

1. Berapa jumlah komponen konstruksi untuk setiap sub-block/panel pada (blok B.11) kapal ferry 300 GT ?
2. Berapa total berat setiap sub-blok pada blok 11 dan elemen konstruksi setiap sub-blok pada kapal ferry 300 GT ?
3. Berapa total panjang objek pengelasan pada sub-blok (blok B.11) kapal ferry 300 GT ?
4. Berapa kebutuhan elektroda dalam perakitan (blok B.11) kapal ferry 300 GT ?

1.3 Batasan Masalah

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

1. Perhitungan beban kerja dan kebutuhan elektroda hanya dilakukan pada (blok B.11).
2. Perincian struktur pekerjaan disusun dengan metode PWBS
3. Beban kerja yang dihitung adalah beban kerja pengelasan
4. Pengelasan yang ditinjau adalah pengelasan SMAW.
5. Penggunaan elektroda yang ditinjau adalah elektroda dengan diameter 3.2 – 4.0 mm
6. Pengelasan yang ditinjau adalah pengelasan secara full welding (finishing welding)

1.4 Tujuan Penelitian

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

1. Untuk mengetahui jumlah komponen konstruksi untuk setiap subblock/panel pada blok B.11 kapal ferry 300 GT
2. Untuk mengetahui berat untuk setiap komponen konstruksi dan total berat pada blok B.11 kapal ferry 300 GT
3. Untuk mengetahui Panjang objek pengelasan pada blok B.11 kapal ferry 300 GT
4. Untuk mengetahui kebutuhan elektroda dalam perakitan blok B.11 kapal ferry 300 GT

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Memberikan pengetahuan tentang banyaknya elektroda yang digunakan dalam proses pengelasan pada pembangunan kapal ferry 300 GT blok B.11 dengan menggunakan pendekatan numerik empiris.
2. Mengetahui perbandingan kebutuhan penggunaan elektroda las pada kapal ferry 300 GT blok B.11.

1.6 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 2 LANDASAN TEORI

2.1 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 ke dalam 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 tubrukan 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.

2.2 Proses Pembangunan Kapal dan Perkembangannya

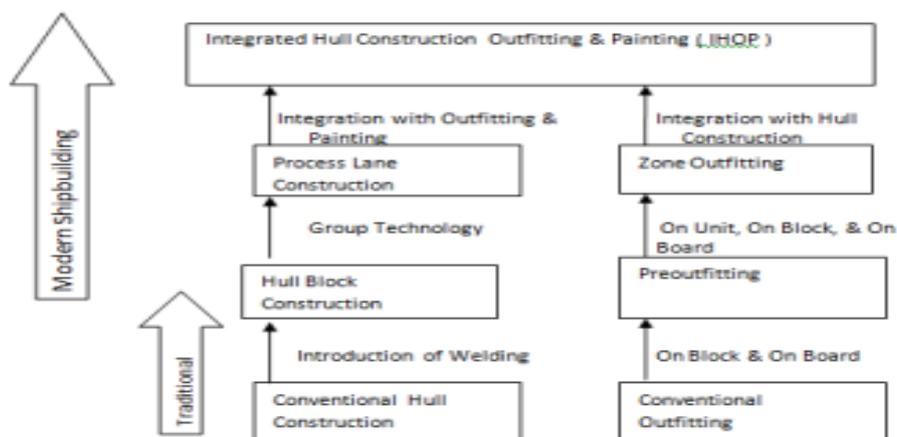
Metode pembangunan kapal dipengaruhi oleh fasilitas galangan kapal tersebut untuk mempermudah proses pengerjaan dan memperluas area pekerjaan, sehingga terciptanya mutu pekerjaan yang baik. Adapun metode yang sering ditemui dalam pembangunan kapal di galangan yaitu pembangunan kapal dengan sistem blok.

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).

2.3 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

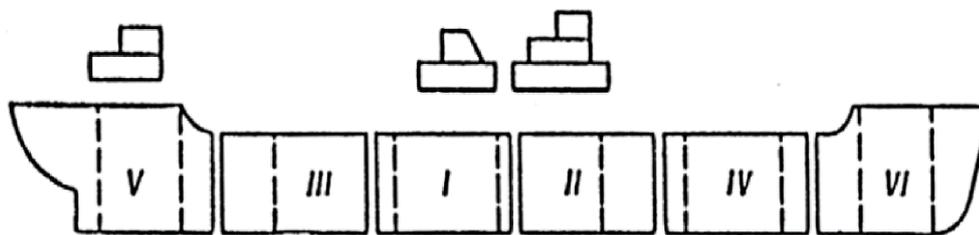
building berth. Proses pekerjaan diawali dengan peletakan lunas, kemudian gading – gading dipasang di kulitnya. Bila badan kapal hampir selesai dirakit pekerjaan outfitting dimulai. Pekerjaan outfitting direncanakan dan dikerjakan sistem demi sistem, seperti pemasangan ventilasi, sistem pipa, listrik, 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*.

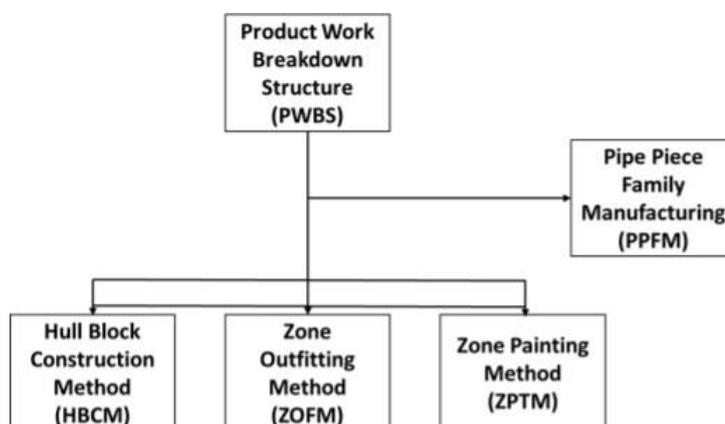
Selain itu metode produksi ini akan dapat mengurangi waktu penyelesaian pembangunan kapal secara drastis. Metode ini juga memberikan keluwesan dimana dibutuhkan dalam memproduksi beragam blok berbeda dengan melengkapi *outfitting* terlebih dahulu sebelum tahap *erection*. Metode ini akan membawa dampak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

2.4 Konsep *Product Work Breakdown Structure (PWBS)*

Melalui konsep Group Teknologi seperti yang telah dijelaskan di atas, (Okayama Y. , 1980) 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 ((Okayama Y. , 1980)

Konsep PWBS adalah membagi pekerjaan dengan paket pekerjaan yang didalamnya terdiri dari berbagai sumberdaya yang menangani pekerjaan pada tiap zona atau sistem. Dengan demikian sumber daya ditentukan oleh zona atau sistem sebagai estimasi dalam pengadaan bahan (*material*) (Okayama Y. , 1980)

Penggunaan *Group Technology* (GT) dimaksudkan sebagai manajemen proses industri dalam mengembangkan 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 (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*

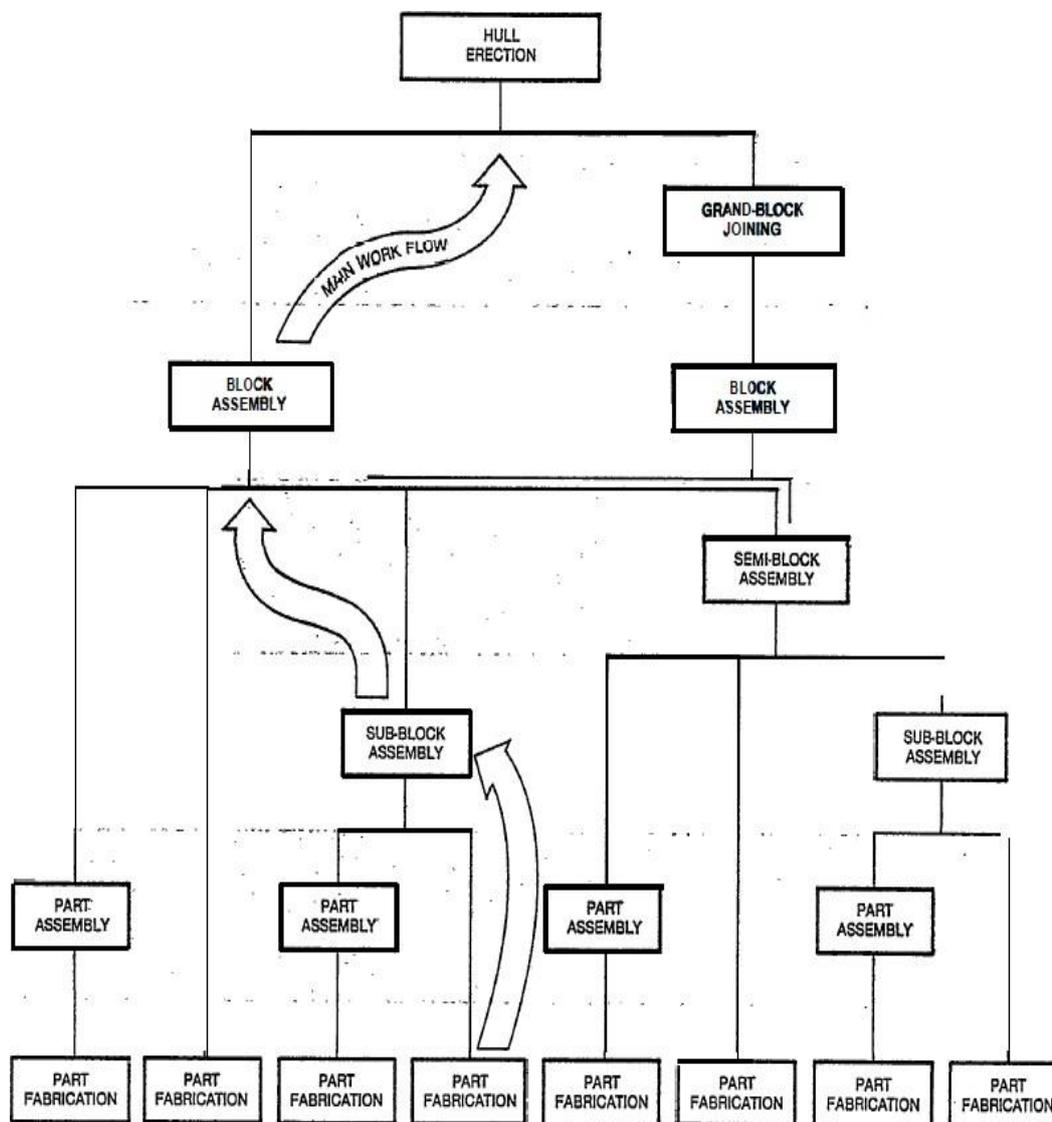
Block Construction Method (HBCM) dan sudah diterapkan untuk konstruksi lambung oleh sebagian besar galangan kapal.

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:

- Bentuk (misalnya melengkung dengan *block* datar, baja dengan struktur aluminium, diameter kecil dengan diameter besar pipa, dan lain-lain)
 - Kuantitas (misalnya pekerjaan dengan jalur aliran, volume *on-block* perlengkapan untuk ruang mesin dengan volume *on-block* perlengkapan selain untuk ruang mesin dan lain-lain)
 - Kualitas (misalnya kelas pekerja yang dibutuhkan, dengan kelas fasilitas yang dibutuhkan dan lain-lain)
 - Jenis pekerjaan (misalnya, penandaan (*marking*), pemotongan (*cutting*), pembengkokan (*bending*), pengelasan (*welding*), pengecatan (*painting*), pengujian (*testing*), dan lain-lain)
 - 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*).

Tahapan-tahapan pokok dalam pembuatan kapal berdasarkan *Hull Block Construction Methode* ditunjukkan pada Gambar 2.4 dimana terlihat aliran pekerjaan dari row material yang telah mengalami pekerjaan fabrikasi (*part fabrication*) yang selanjutnya mengalami proses produk *assembly* (*part assembly*), juga terdapat juga produk fabrikasi (*part fabrication*) yang secara langsung digabung menjadi produk sub *block assembly* yang selanjutnya digabung membentuk *block* (*block assembly*). Dalam Gambar 2.4 juga menunjukkan terdapat produk fabrikasi yang secara langsung digabung ke dalam *block assembly*. Antara *block assembly* digabung membentuk *block* besar (*grand block*) dan selanjutnya membentuk badan kapal (*hull construction*). Tahapan-tahapan pokok untuk pembuatan kapal berdasarkan *Hull Block Construction Methode* dapat diperlihatkan pada Gambar 2.5



Gambar 2. 4 Tahapan pembangunan kapal berdasarkan HBCM
 Sumber (Okayama Y. , 1980)

PLANT LEVEL	MFG LEVEL	PRODUCT ASPECTS						CODES				
		ZONE	AREA				STAGE		ZONE	AREA	STAGE	
1	7	SHIP	FORE HULL	CARGO HOLD	ENGINE ROOM	AFT HULL	SUPERSTRUCTURE	TEST		SHIP. NO.	BLOCK CODE	STAGE CODE
								ERECTION				
2	6	BLOCK	FLAT PANEL	CURVED PANEL	SUPERSTRUCTURE	SUPERSTRUCTURE	BACK PRE-ERECTION	NIL	GRAND-BLOCK CODE	GRAND-BLOCK CODE	STAGE CODE	
							PRE-ERECTION	NIL				
							JOINING	NIL				
3	5	BLOCK	FLAT	SPECIAL FLAT	CURVED	SPECIAL CURVED	SUPERSTRUCTURE	BACK ASSEMBLY		BLOCK CODE	BLOCK CODE	STAGE CODE
								ASSEMBLY				
								FRAMING	NIL			
								PLATE JOINING	NIL			
4	4	SUB-BLOCK	NIL	SIMILAR SIZE IN A LARGE QUANTITY	SIMILAR SIZE IN A SMALL QUANTITY	SUPERSTRUCTURE	BACK ASSEMBLY	NIL	SEMI-BLOCK CODE	SEMI-BLOCK CODE	STAGE CODE	
							ASSEMBLY					
							PLATE JOINING	NIL				
5	3	SUB-BLOCK	NIL	SIMILAR SIZE IN A LARGE QUANTITY	SIMILAR SIZE IN A SMALL QUANTITY	SUPERSTRUCTURE	BACK ASSEMBLY	NIL	SUB-BLOCK CODE	SUB-BLOCK CODE	STAGE CODE	
							ASSEMBLY					
6	2	SUB-BLOCK	SUB-BLOCK PART	BUILT-UP PART	BUILT-UP PART	SUPERSTRUCTURE	BENDING	NIL	ASSEMBLED PART CODE	ASSEMBLED PART CODE	STAGE CODE	
							ASSEMBLY					
7	1	PART	PARALLEL PART FROM PLATE	NON-PARALLEL PART FROM PLATE	INTERNAL PART FROM PLATE	PART FROM ROLLED SHAPE	OTHER	BENDING	NIL	PART CODE	PART CODE	STAGE CODE
								MARKING & CUTTING				
								PLATE JOINING	NIL			

Gambar 2.5 Aspek produksi HBCM Sumber (Okayama Y., 1980)

Kombinasi arah horizontal menunjukkan karakteristik perbedaan type paket kerja berdasarkan aspek produksi. Sedangkan kombinasi dari arah vertical dari masing – masing jenis aspek produksi menunjukkan urutan proses kerja pembentukan badan kapal yang saling berkaitan dengan urutan dari bawah ke atas menunjukkan tingkat pekerjaan sedangkan dalam proses perencanaan dilakukan dengan urutan dari atas ke bawah berdasarkan aspek – aspek produksi dari gambar – gambar tersebut yang paling diperhatikan adalah aspek produksi berdasarkan problem area, dimana badan kapal dibagi menjadi beberapa bagian:

- *Fore Hull* (bagian depan)
- *Cargo Hold* (bagian ruang muat)
- *Engine Room* (bagian kamar mesin)
- *After Hull* (bagian belakang)
- *Superstructure* (bagian bangunan atas)

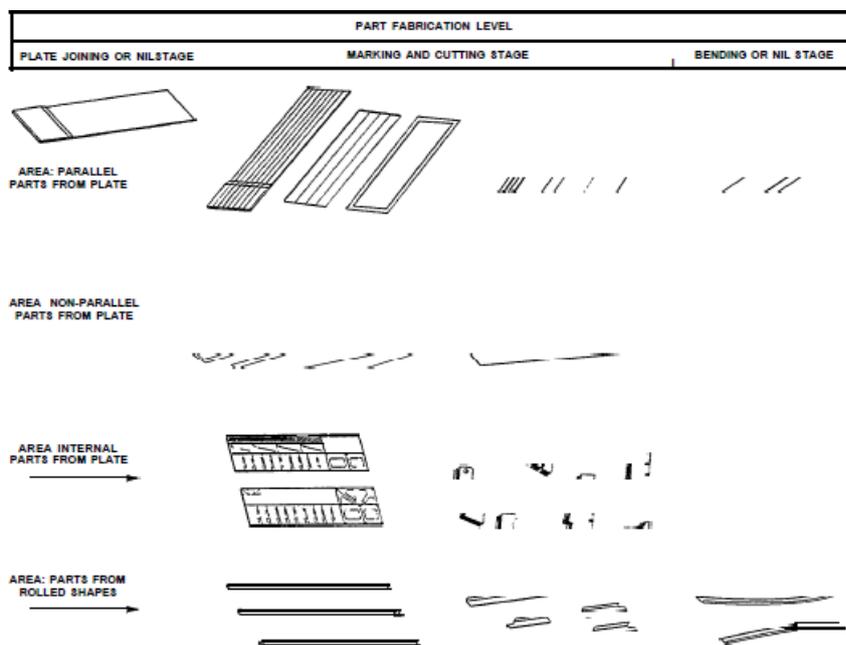
Menurut (Okayama Y. , 1980) pekerjaan badan kapal berdasarkan HBCM dapat dibagi menjadi beberapa bagian seperti yang dijelaskan sebagai berikut:

1. *Part Fabrication*

Part Fabrication adalah tingkat pengerjaan yang pertama harus dilakukan. Pada tahapan ini dihasilkan daerah – daerah (zones) untuk badan kapal yang tidak dapat dibagi-bagi lagi (subdivisi). Tipe paket pekerjaan adalah pengelompokan berdasarkan daerah dan tingkat kesulitan

- *area* merupakan perbedaan dari material dasar (*raw material*), proses akhir bentuk, proses fabrikasi dan pemisahan fasilitas produksi untuk:
 - *Parallel parts from plate* (bentuk paralel dari pelat)
 - *Non parallel part from plate* (bentuk non paralel dari pelat)
 - *Internal part from plate* (bentuk internal dari pelat)
 - *Part from rolled shape* (bentuk dari material roll)
 - *Others part* (bentuk-bentuk yang lain) misal pipa dan lain-lain
- *Stage* pekerjaan dilakukan berdasarkan kesamaan dalam jenis, dan ukuran sbeagai berikut:
 - *Plate Joining* (penyambungan pelat)
 - *Marking and cutting* (Penandaan dan Pemotongan)
 - *Bending* (Pembengkokan)

Tipikal pengelompokan paket-paket pekerjaan diperlihatkan pada Gambar 2.6

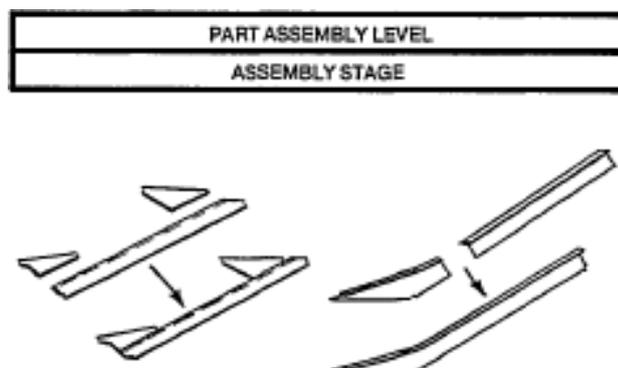


Gambar 2. 6 *Part fabrication yang tidak dapat dibagi lagi (HBCM)*
 Sumber (Okayama Y. , 1980)

2. Part Assembly

Part Assembly adalah tingkat pengerjaan yang kedua yang berada di luar aliran utama pengerjaan (main work flow) berdasarkan tingkat kesulitan:

- Bulit-up parts (bentuk komponen asli)
- *Sub-block* parts



Gambar 2. 7 *Part Assembly yang berada di luar aliran kerja utama*
 Sumber (Okayama Y. , 1980)

3. *Sub-Block Assembly*

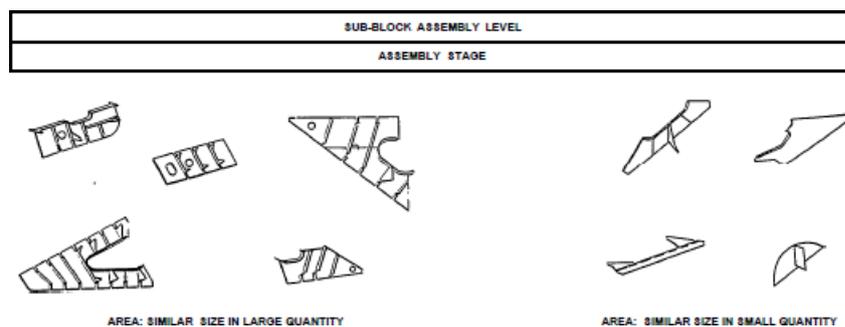
Tingkat pengerjaan ketiga. Pembentukan daerah (zone) pada umumnya terdiri dari sejumlah fabrikasi atau hasil bentuk assembly. Tipe paket pengelompokan kerja berdasarkan tingkat kesulitan area:

- Similar size in large quantity (kesamaan ukuran dalam jumlah besar) misalkan balok-balok, floor dan lain-lain
- Similar size in small quantity (kesamaan ukuran dalam jumlah kecil)

Stage diklasifikasikan sebagai berikut:

- Perakitan
- Back assembly atau nil.

Setelah selesai *back assembly* komponen-komponen dan rakitan komponen dapat dipasang dari kedua sisi. *Back assembly* juga ditambahkan setelah pemutaran rakitan. Sebagai contoh diperlihatkan pada Gambar 2.8



Gambar 2. 8 *Sub-block Assembly* berdasarkan tingkat kesulitan

Sumber (Okayama Y. , 1980)

Semy block Assembly dan *Grand-Block Joining* Merupakan tingkat pengerjaan selanjutnya dengan urutan sesuai dengan urutan di atas. Dari ketiganya hanya *block-assembly* yang termasuk dalam aliran utama pekerjaan. Untuk tingkat semi *block* pembagian berdasarkan tingkat kesulitan sama dengan untuk tingkat *sub-block*, demikian juga dengan urutan pengerjaannya.

Block merupakan kunci zona untuk perakitan badan kapal yang terindikasi seperti terlihat pada Gambar 2.9 dan 2.10. *Block* direncanakan dalam

tiga level perakitan, yaitu:

- *Semi-block assembly* (perakitan semi *block*)
- *Block assembly* (perakitan *block*)
- *Grand-block joining* (penggabungan *block*).

Hanya perakitan *block* yang menjadi aliran utama pekerjaan, level-level lain dianjurkan digunakan sebagai alternatif perencanaan. Semua perencanaan didasarkan atas konsep pengelompokan paket-paket pekerjaan dalam *problem area* dan *stage*. *Semi block* dirakit sebagai zona terpisah dari zona kunci (*block*), *semiblock* kemudian dirakit ke dalam *block* menjadi *block* induk sehingga proses ini kembali masuk ke dalam aliran utama pekerjaan.

Penggabungan *block-block* (kombinasi beberapa *block-block* menjadi *block* besar disisi dekat landasan pembangunan) mengurangi waktu kerja yang dibutuhkan untuk penegakan *block* (*erection*) di landasan pembangunan. Dalam penggabungan *block-block* sedapat mungkin harus stabil, membutuh area dan volume yang besar, sehingga harus difasilitasi untuk pekerjaan *out-fitting on block* dan pengecatan. Zona *semi-block*, perakitan *block* dan penggabungan *block* besar (*grand block*) menjadi rentang perubahan dari *block* menjadi kapal.

Problem area pada level *semi-block* pembagiannya sama dengan level *sub block*. Kebanyakan *semi-semi block* ukurannya kecil dan berbentuk dua dimensi, dapat dihasilkan menggunakan fasilitas perakitan *sub-block*. Dalam perencanaan kerja, yang menjadi inilah yang menjadi poin pembeda dalam memisahkan perakitan *semi-block* dari perakitan *block*. Pengelompokan *stage semi-block* sama saja dengan *sub-sub block* seperti diperlihatkan pada Gambar 2.9 level perakitan *block* terbagi dalam *problem area* menggunakan fitur pembeda dari panel yang dibutuhkan sebagai dasar untuk penambahan komponen, rakitan komponen, dan atau *sub-block*, serta untuk keseragaman terhadap waktu kerja yang diperlukan. Karakteristik ini menentukan apakah *platens* atau *jig pin* yang diperlukan, atau *block* yang mana harus dimulai dirakit dan selesai pekerjaannya bersamaan. Karena keunikannya, *block* bangunan atas ditangani secara terpisah. Untuk membagi *problem area*, definisi yang diperlukan adalah:

- *Flat* (datar)

- *Special flat* (datar khusus)
- *Curve* (kurva atau lengkung)
- *Curve* (kurva khusus)
- *Superstructure* (bangunan atas)

Karena variasi waktu kerja dan atau *jig* yang diperlukan, khusus *block* datar dan kurva khusus tidak dirakit di fasilitas yang dirancang dalam alur kerja yang awal dan penyelesaian pekerjaannya serempak. Dengan demikian membutuhkan pendekatan pekerjaan yang diistilahkan *job-shop* (pekerjaan temporer). Jika jumlah *block-block* yang dihasilkan sedikit, diklasifikasikan paling kurang ada lima *problem area* yang harus dipertimbangkan. Sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 2.9, fase *problem area* level perakitan *block* terbagi atas:

- Penggabungan pelat.
- Pemasangan gading-gading.
- Perakitan.
- *Back assembly* atau nil.

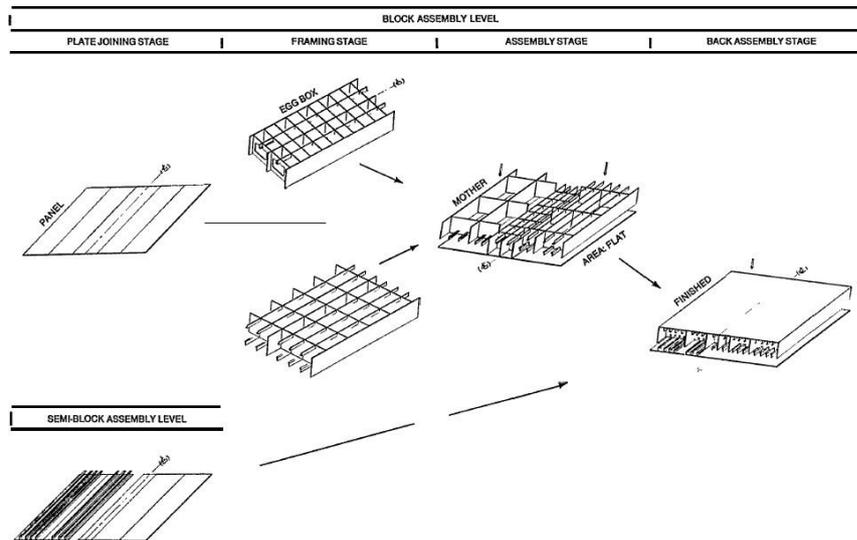
Stage level perakitan *block* adalah mengkombinasikan panel dengan komponen, rakitan komponen, dan atau sub-*block*, dan kadang-kadang dengan semi *block*. Dengan pertimbangan normal pada level penggabungan *block-block* (*grandblock*), klasifikasi *problem area* hanya dibagi tiga, yaitu:

- Panel datar.
- Panel kurva.
- Bangunan atas.

Stage pada level ini dibagi menjadi:

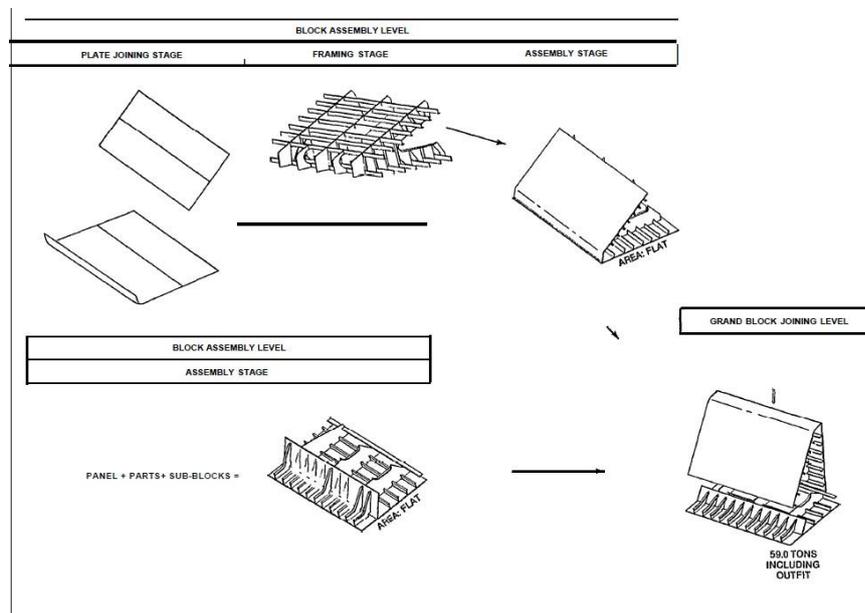
- Penggabungan atau *nil*.
- Penegakan *block* awal atau *nil*.
- *Back pre-erection* atau *nil*.

Untuk kapal-kapal kecil, tahapan penegakan *block* awal dianjurkan Pada penggabungan *grand-blockcs*, yang berguna untuk mengkreasikan *grandgrandblocks*.



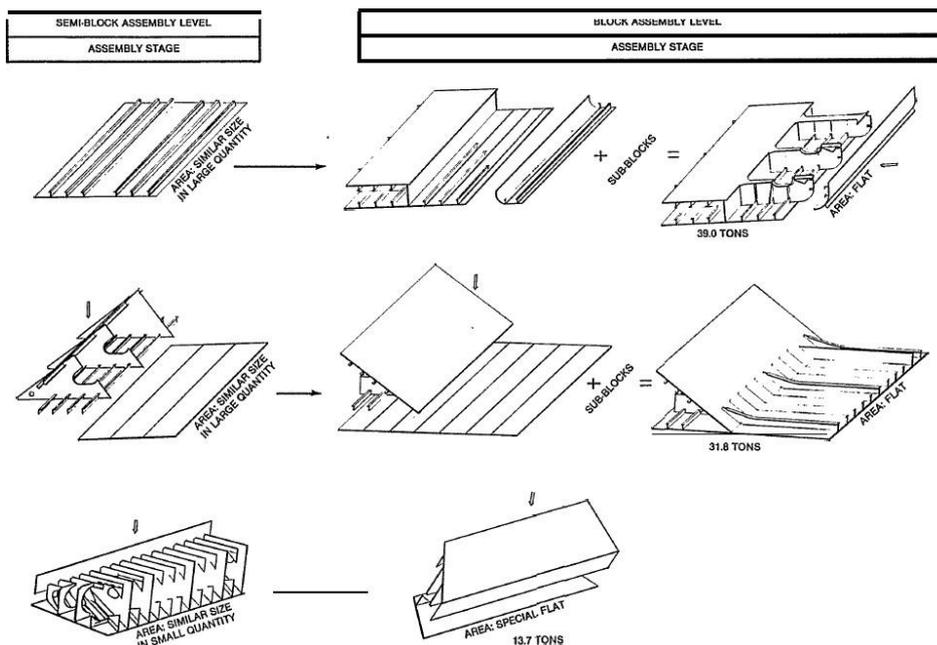
Gambar 2. 9 Semi-block dan block Assembly pada block tengah dasar ganda dalam ruang muat

Sumber (Okayama Y. , 1980)

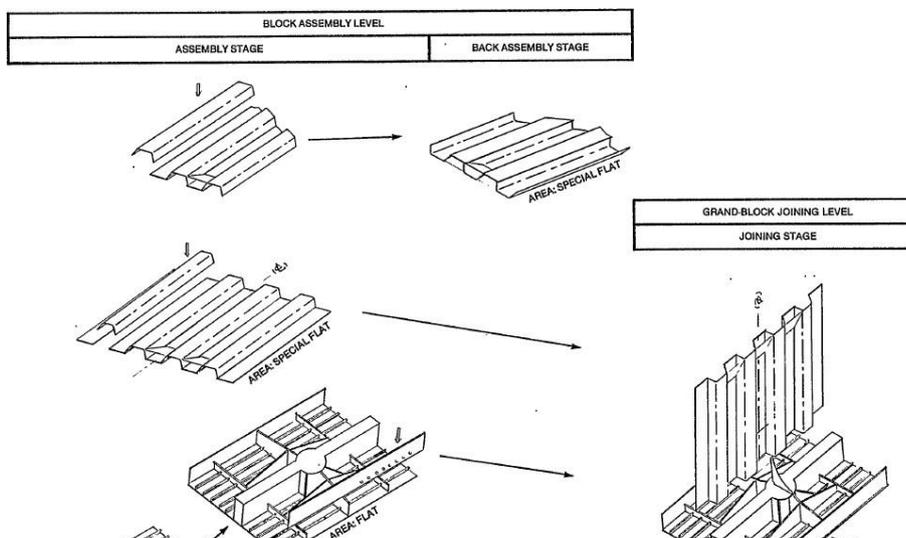


Gambar 2. 10 Block Assembly dan Grand-Block Joining, pada tangki sayap atas

Sumber (Okayama Y. , 1980)

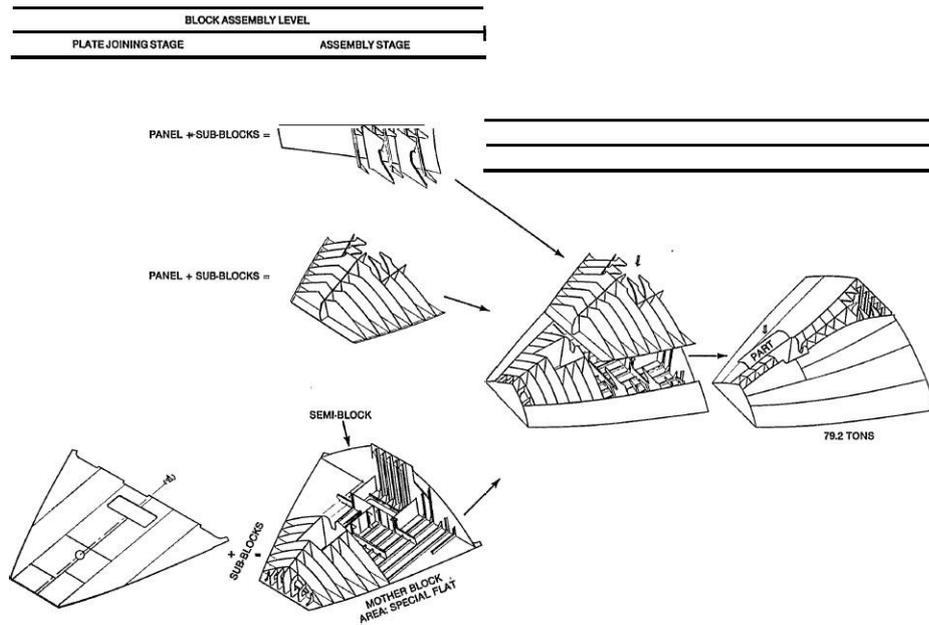


Gambar 2. 11 Block Assembly dan Grand-Block Joining, pada tangki sayap atas
 Sumber (Okayama Y. , 1980)

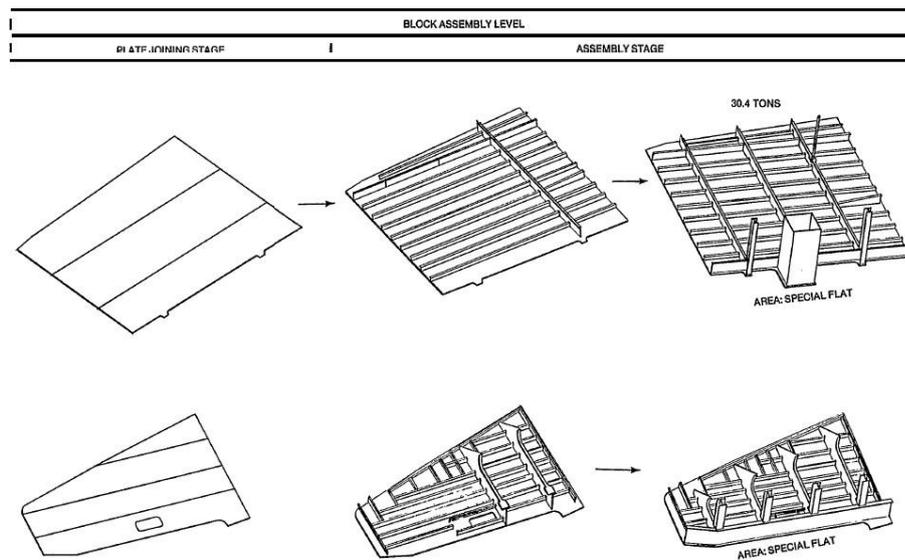


Gambar 2. 12 Block Assembly dan Grand-Block Joining, sekat bergelombang melintang

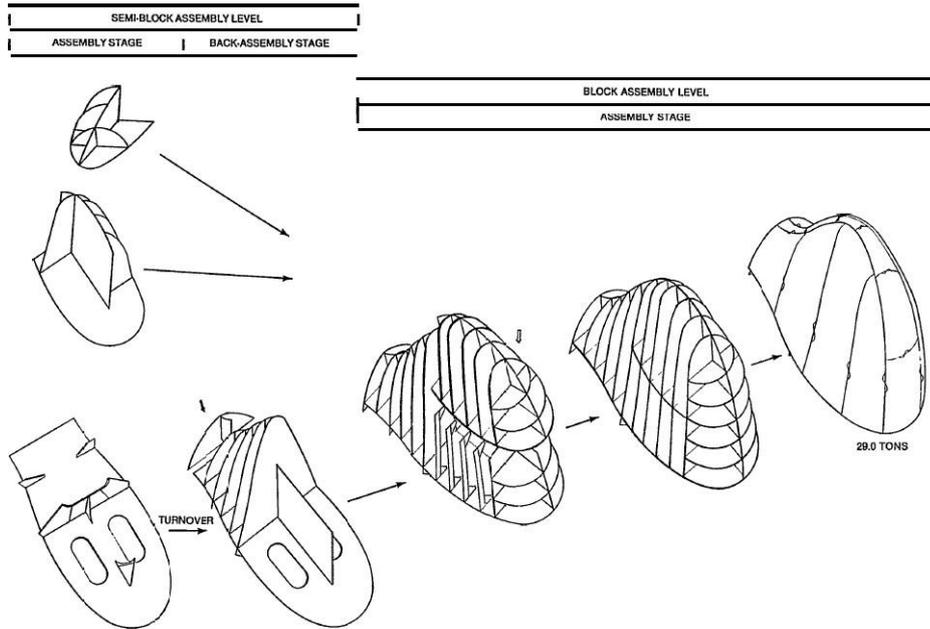
Sumber (Okayama Y. , 1980)



Gambar 2. 13 *Block Assembly dan Grand-Block Joining, block buritan*
 Sumber (Okayama Y. , 1980)

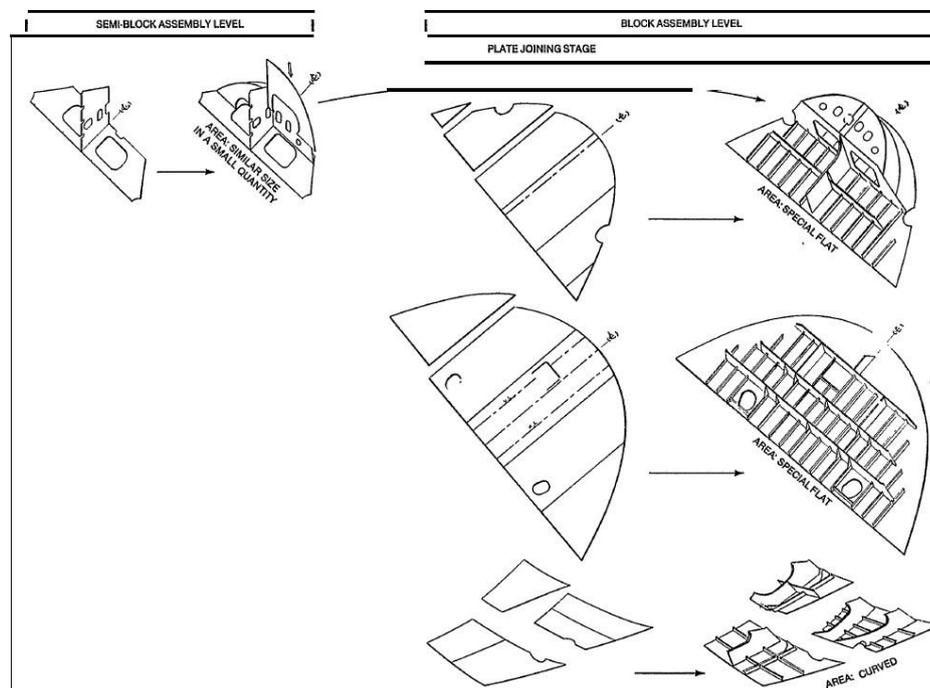


Gambar 2. 14 *Block Assembly, geladak katas dan block datar ruang mesin*
 (Sumber (Okayama Y. , 1980)

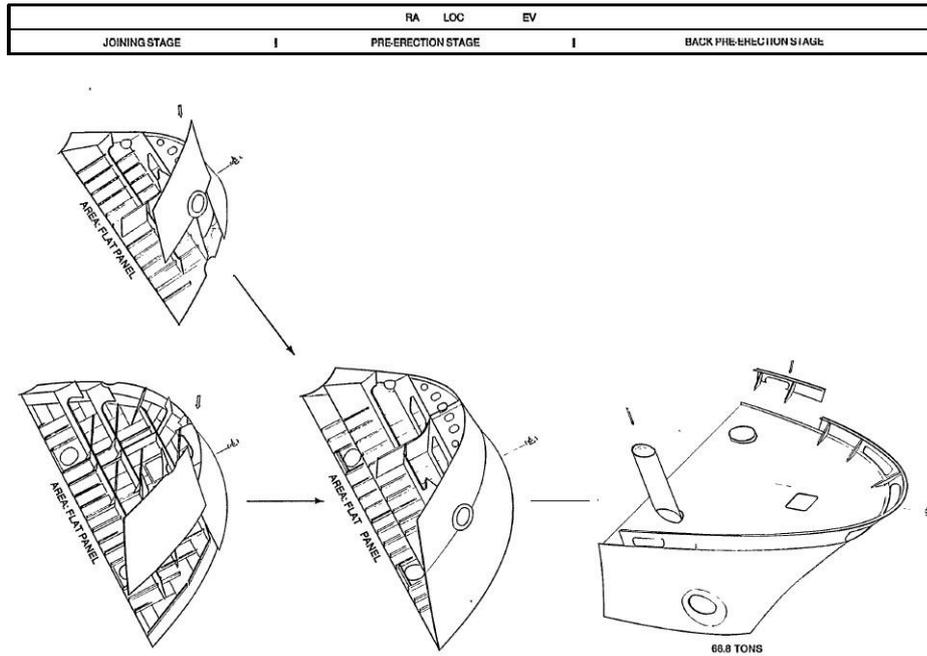


Gambar 2. 15 *Semi-block dan Block Assembly, bulbous bow*

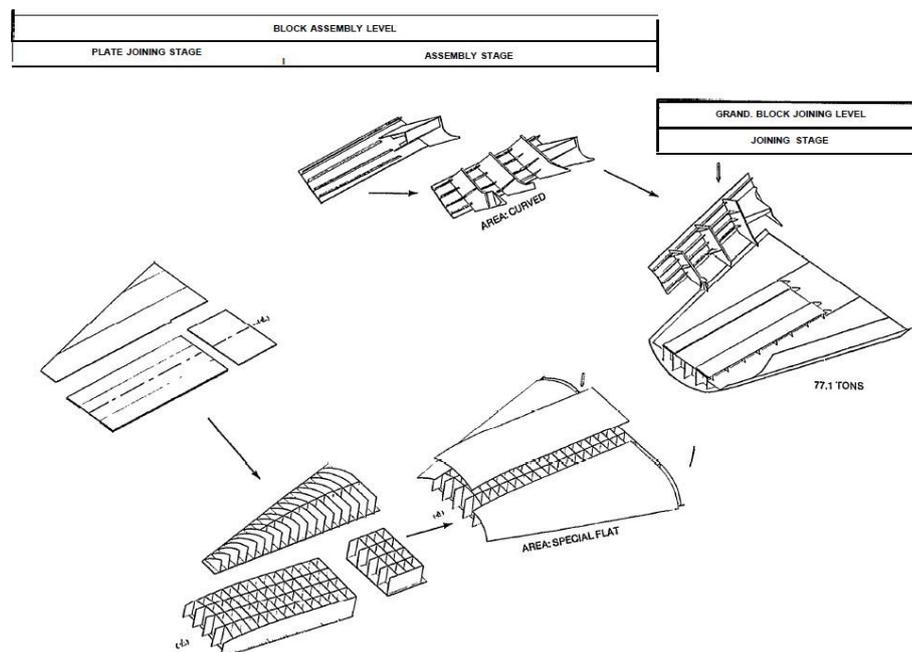
Sumber (Okayama Y. , 1980)



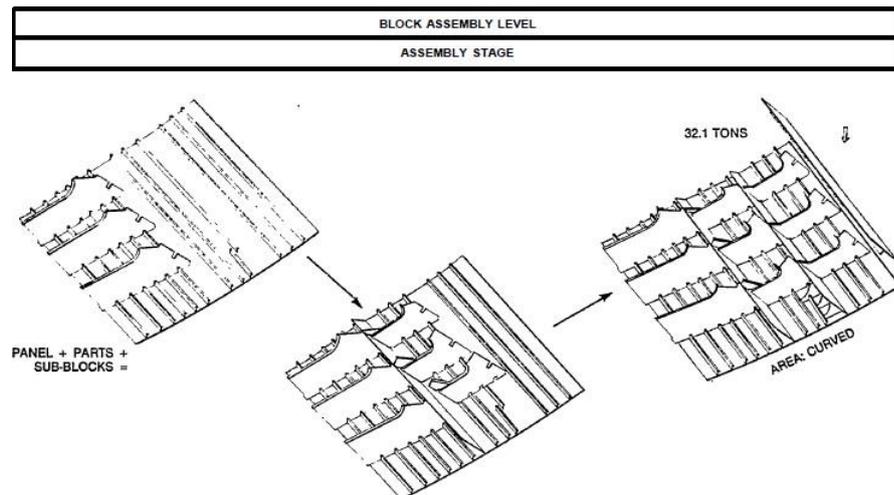
Gambar 2. 16 *Semi-block dan Block Assembly, gelada katas kimbul*
Sumber (Okayama Y. , 1980)



Gambar 2. 17 *Grand-block joining, geladak kimbul*
 Sumber (Okayama Y. , 1980)



Gambar 2. 18 *Block Assembly dan Grand-block joining, dasar/alas kamar mesin*
 Sumber (Okayama Y. , 1980)



Gambar 2. 19 *Block Assembly, kulit kamar mesin*
 Sumber (Okayama Y. , 1980)

4. *Hull Erection*

Penegakan *block-block (erection)* adalah level terakhir dari pembangunan kapal yang menggunakan pendekatan zona. *Problem area* pada level ini adalah:

- Haluan atau bagian depan badan kapal (*fore hull*).
- Ruang muatan (*cargo hold*).
- Ruang mesin (*engine room*).
- Buritan atau bagian belakang badan kapal (*aft hull*).
- Bangunan atas.

Stage secara sederhana terbagi atas:

- *Erection*.
- Pengujian dan percobaan kapal (*test*).

Pengujian pada tingkat ini seperti tes tangki, sangat penting ketika sebuah produk antara (*interim Product*) selesai. Ini diperlukan untuk pemeriksaan dan pengujian yang dilakukan sesuai dengan spesifikasi paket. Hasilnya dicatat dan dianalisis untuk dilakukan perbaikan lebih lanjut.

2.5 Pengelasan

Pengelasan adalah metode umum manufaktur produk-produk dengan cara penyambungan atau perakitan material. Peran utama dari pengelasan telah berubah seiring perkembangan teknologi dari waktu ke waktu. Pengelasan dahulu digunakan untuk fabrikasi produk sederhana atau bentuk yang kompleks menggunakan satu tipe material dengan menekankan faktor keselamatan. Bagaimanapun juga, dengan meningkatnya keragaman penggunaan produk-produk, material komponen (campuran) yang berisi bermacam-macam kandungan makin banyak digunakan, sehingga keuntungan dan kerugian pengelasan untuk penyambungannya harus lebih dimengerti/dipahami (Sunaryo, 2008)

2.5.1 Pengelasan pada Konstruksi Kapal

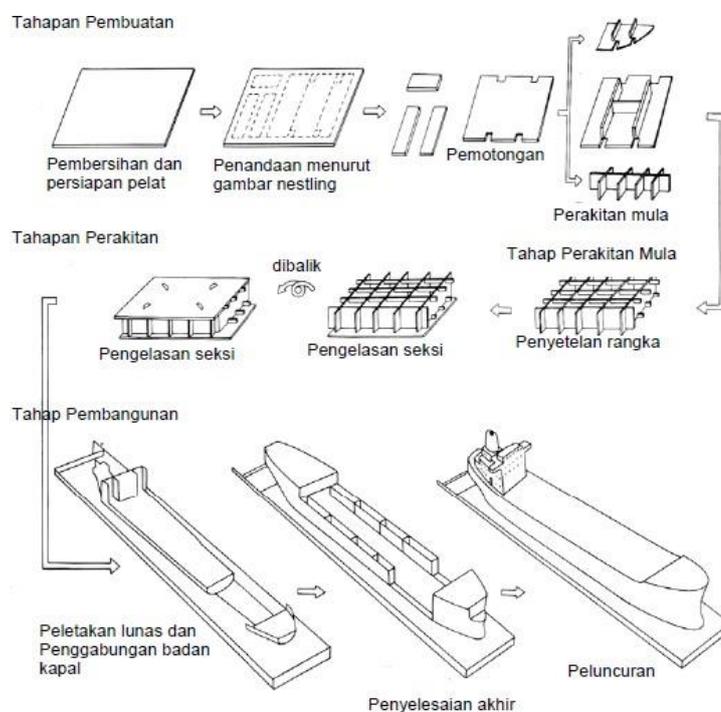
Penerapan teknologi las dalam konstruksi bangunan kapal selalu melibatkan pihak Klasifikasi, dimana semua hal yang berkaitan dengan gambar-gambar, ukuran las, material induk dan material pengisi serta juru las yang digunakan untuk pembangunan kapal diatur dalam peraturan Klasifikasi. Perusahaan pembangun kapal dan Klasifikasi yang ditunjuk dalam pengawasan pembangunan kapal bertanggung jawab pula terhadap seleksi juru las, latihan dan pengujian juru las yang akan melakukan pengelasan pada konstruksi utama kapal. pengujian terhadap juru las harus mengikuti standar yang diakui dan disepakati bersama.

Pekerjaan pengelasan dalam pembangunan kapal berpengaruh terhadap perubahan ukuran dan bentuk dari bagian konstruksi yang terpasang, hal ini diakibatkan karena pengaruh perlakuan panas yang timbul karena kegiatan pengelasan yang kurang memperhatikan prosedur pengelasan. Karena masalah ini tidak mungkin dihindari, untuk itu diperlukan perencanaan dan persiapan pengelasan yang tepat terhadap metode dan prosedur pengelasan serta penyiapan juru lasnya harus kompeten sehingga diharapkan pengaruh panas yang terjadi dapat diperkecil dan penyusutan melintang, memanjang, sudut dapat dihindari (Sunaryo, 2008)

2.5.2 Alur Proses pembangunan Kapal

Dalam pembangunan kapal baja dikenal alur proses yang bertahap dimana tahap satu dengan yang berikutnya selalu ada kaitannya, untuk itu proses demi proses harus dilakukan dengan teliti agar pada tahap proses berikutnya tidak mengalami kesukaran akibat kesalahan dalam penyetelan (*fitting*) maupun kesalahan dalam pengelasan (*welding*). Kombinasi antara penyetelan dan pengelasan dari tahap ke tahap mempunyai sifat dan karakteristik pekerjaan dan jenis pengelasan maupun proses pengelasannya yang berbeda, untuk itu perlu mengikuti tahapan pembuatan konstruksi dan tahapan pembangunan bagian kapal yang lebih besar (seksi dan *block*). Proses pembuatan kapal secara umum diperlihatkan pada gambar 2.5.

Dari setiap proses yang dilakukan penggabungannya menggunkan proses pengelasan SAW, SMAW, FCAW / GMAW dengan posisi pengelasan yang bervariasi mulai dari 1G, 2G, 3G dan 4G tergantung keberadaan dan posisi komponen kapal yang dikerjakan (Sunaryo, 2008)



Gambar 2. 20 Tahapan Proses Pembangunan Kapal Sumber (Sunaryo, 2008)

2.6 Kualifikasi Pengelasan

Menurut (Sunaryo, 2008) Perusahaan pembuat kapal bertanggungjawab terhadap pengelasan yang terjadi dan suatu pengelasan konstruksi kapal tidak diperbolehkan dilakukan pengelasan sebelum prosedur pengelasan (*welding Procedure*) dan *weldernya* dikualifikasi sesuai suatu kode yang diakui oleh pihak-pihak yang berkepentingan dengan suatu produk.

Ada 2 hal kualifikasi pengelasan yang harus dipenuhi yaitu:

1. Kualifikasi prosedur las (*Welding Procedure Spesification*) atau biasa disingkat dengan WPS.
2. Kualifikasi juru las / operator las (*Welder / Welding Operator Spesification*) kualifikasi tersebut meliputi proses las, posisi las, material dan batas jangkauan tebal pelat atau diameter material yang dilas. Standar yang dipakai untuk uji kualifikasi juru dan operator las biasa mengikuti standar ASME.

2.7 Konsep Welding Procedure Spesification (WPS)

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

2.7.1 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.

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

2.7.2 Faktor Utama Penyusunan Pengelasan (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) Compability 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.

2.7.3 Cara Mengkualifikasi Prosedur Pengelasan (WPS)

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 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).

. Membandingkan hasil PQR dengan parameter yang ada di WPS untuk menjamin bahwa range dan parameter yang tercantum pada WPS tercover pada PQR.

2.8 Teknik Pengelasan

2.8.1 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).

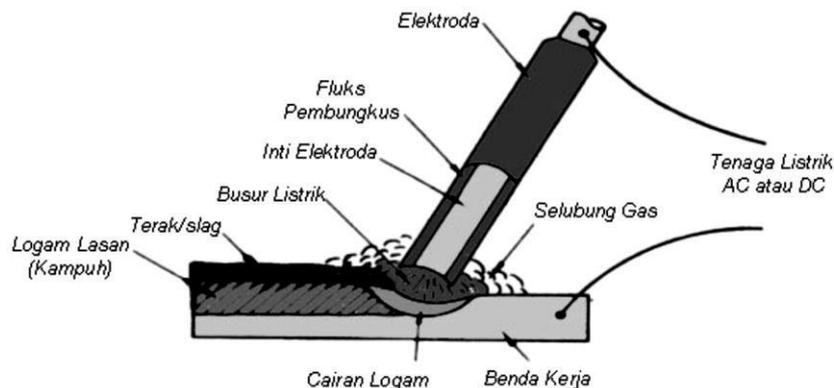
Pengelasan dapat diartikan dengan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam, dengan atau tanpa menggunakan bahan tambah dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan las. Pengelasan juga dapat diartikan sebagai ikatan tetap dari benda atau logam yang dipanaskan. Mengelas 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.

2.8.2 Pengelasan SMAW

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat terbungkus pelindung berupa *fluks*. Elektroda ini selama pengelasan akan

mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kumpuh las. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir terbawa arus busur listrik. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar. Pola pemindahan logam cair sangat mempengaruhi sifat mampu las dari logam. Logam mempunyai sifat mampu las tinggi bila pemindahan terjadi dengan butiran halus. Pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus dan komposisi dari bahan *fluks*. Bahan *fluks* pembungkus elektroda selama pengelasan mencair dan membentuk terak menutupi logam cair terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi.



Gambar 2. 21 Las SMAW

(Sumber: Wiryosumarto, 2000)

2.9 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.

2.9.1 Panjang Pengelasan Per Batang dan Utilitasi Elektroda

Menurut (Muhammad Kadapid, 2006), panjang pengelasan dalam satu batang elektroda pada untuk semua posisi menghasilkan 150 mm untuk satu batang elektroda las.

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

1. Posisi *Downhand*: Menurut Kadapid Muhammad utilisasi elektroda untuk posisi *Downhand* sebesar 96 %
2. Posisi *Horizontal*: Menurut Yusuf, M utilisasi elektroda untuk posisi *Horizontal* sebesar 93.3 % atau 93 %

3. Posisi *Vertical*: Menurut Safrillah, 2008 utilisasi elektroda untuk posisi vertikal sebesar 92,91 % atau 93 %
4. Posisi *Overhead*: Menurut Dualemangan Arnold Buntu, 2007 utilisasi elektroda untuk posisi *Overhead* sebesar 92.45 % atau 92 %.

2.9.2 Berat Satu Batang Elektroda

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

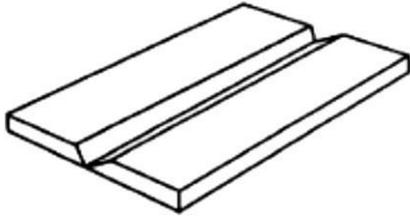
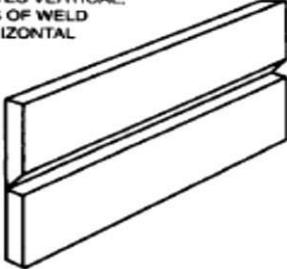
2.10 Posisi Pengelasan

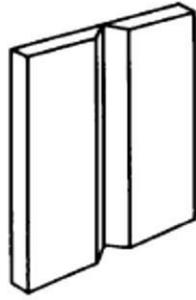
Terdapat empat posisi pengelasan : *Flat/Down Hand*, *Vertical*, *Horizontal* dan *Overhead*.

1. Pelat

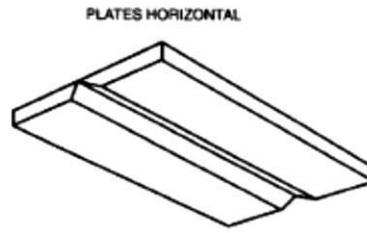
a. Las Tumpul (*Butt/Groove Weld*)

Tabel 2. 1 Las Tumpul (*Butt/Groove Weld*) Untuk Pelat

Posisi 1G (<i>Flat</i>)	Posisi 2G (<i>Horizontal</i>)
<p>PLATES HORIZONTAL</p> 	<p>PLATES VERTICAL; AXIS OF WELD HORIZONTAL</p> 
Posisi 3G (<i>Vertical</i>)	Posisi 4G (<i>Over Head</i>)



PLATES VERTICAL:
AXIS OF WELD
VERTICAL

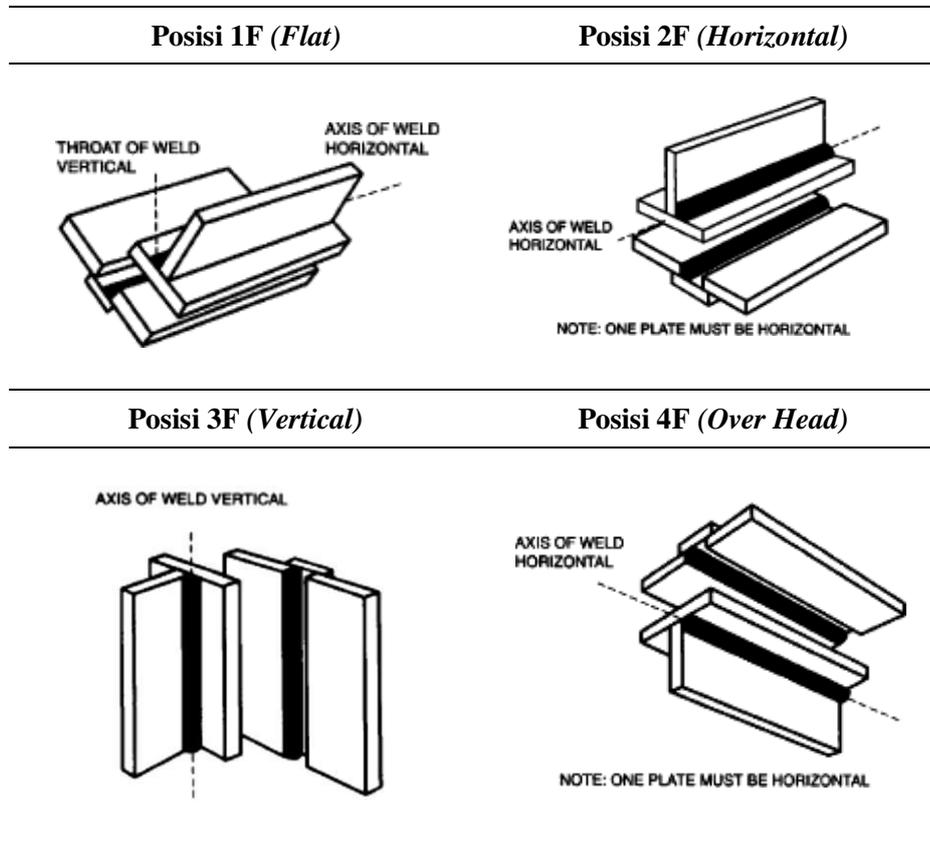


PLATES HORIZONTAL

(Sumber: *AWS Welding Inspection Handbook*, 2000)

b. Las Sudut (*Fillet Weld*)

Tabel 2. 2 Las Sudut (*Fillet Weld*) Untuk Pelat

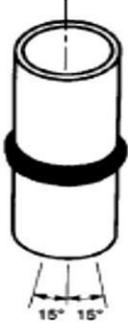
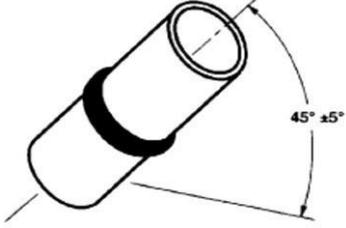


(Sumber: *AWS Welding Inspection Handbook*, 2000)

2. Pipa

a. Las Tumpul (*Butt/Groove Weld*)

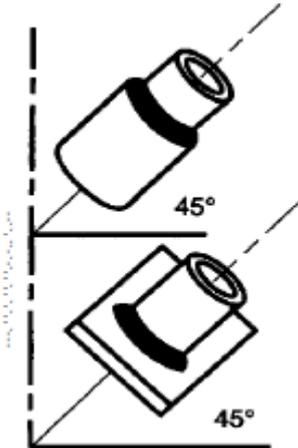
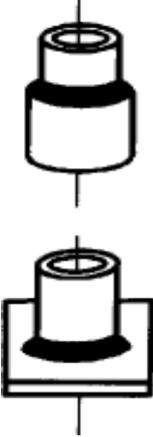
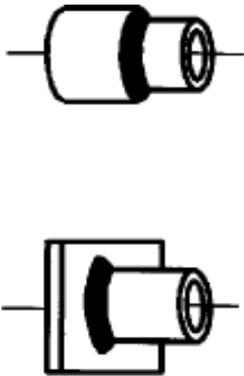
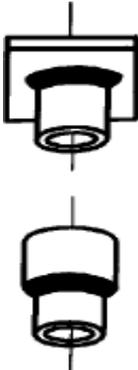
Tabel 2. 3 Las Tumpul (*Butt/Groove Weld*) Untuk Pipa

Posisi 1G	Posisi 2G
 <p data-bbox="379 969 699 1032">Pipa : Horizontal Berputar Las : Datar</p>	 <p data-bbox="858 965 1209 1028">Pipa : Vertikal tidak Berputar Las : Horizontal</p>
Posisi 3G	Posisi 5G
 <p data-bbox="379 1462 778 1525">Pipa : Horizontal Tidak Berputar Las : Datar, Vertikal, Over Head</p>	 <p data-bbox="858 1462 1257 1525">Pipa : Miring 45° Tidak Berputar Las : Datar, Vertikal, Over Head</p>

(Sumber: *AWS Welding Inspection Handbook*, 2000)

b. Las Sudut (*Fillet Weld*)

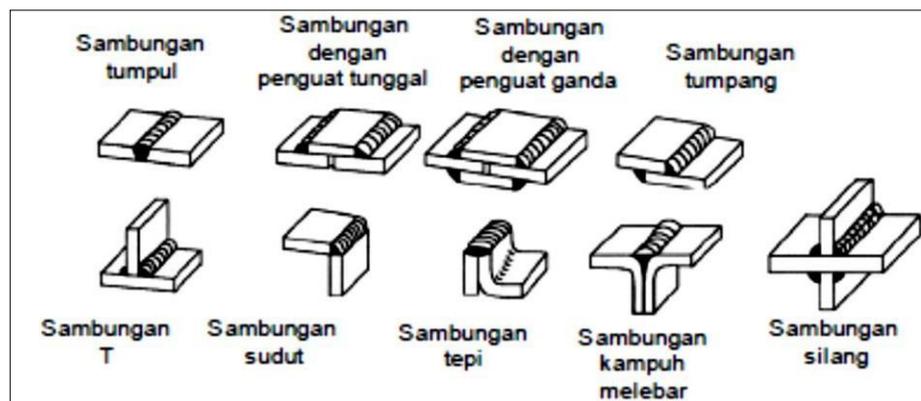
Tabel 2. 4 Las Sudut (*Fillet Weld*) Untuk Pipa

Posisi 1F	Posisi 2F
	
<p>Pipa : Horizontal Berputar Las : Datar</p>	<p>Pipa : Vertikal tidak Berputar Las : Horizontal</p>
Posisi 3F	Posisi 4F
	
<p>Pipa : Horizontal Tidak Berputar Las : Datar, Vertikal, Over Head</p>	<p>Pipa : Miring 45° Tidak Berputar Las : Datar, Vertikal, Over Head</p>

(Sumber: AWS *Welding Inspection Handbook*, 2000)

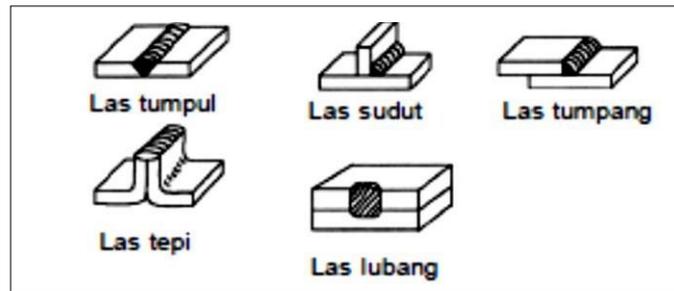
2.11 Sambungan Las

Terdapat beberapa variasi sambungan las sebagai pilihan berdasarkan ketebalan dan kualitas material, metode pengelasan, bentuk struktur dsb. Berdasarkan bentuknya, sambungan las diklasifikasikan antara lain sambungan tumpul, sambungan dengan penguat tunggal, sambungan dengan penguat ganda, sambungan tumpang, sambungan T, sambungan sudut, sambungan tepi, sambungan kampuh melebar dan sambungan bentuk silang, seperti ditunjukkan pada Gambar 2-6. Sambungan-sambungan kampuh las dapat juga diklasifikasikan berdasarkan metode pengelasan, antara lain las tumpul, las sudut, las tepi, las lubang, dan las tumpang, seperti ditunjukkan pada Gambar 2-7.



Gambar 2. 22 Sambungan Las

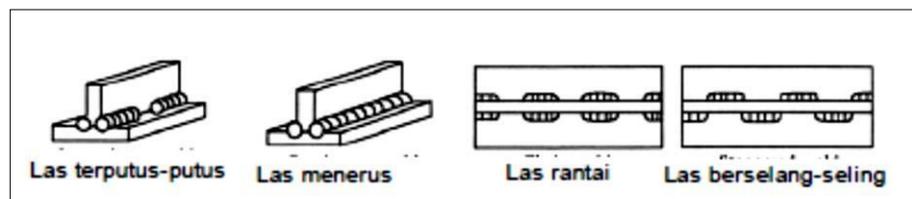
(Sumber: Hery Sunaryo, 2008)



Gambar 2. 23 Macam-Macam Las

(Sumber: Hery Sunaryo, 2008)

Pengelasan sudut digunakan untuk mengelas sudut dari sambungan T atau sambungan tumpang. Las sudut pada sambungan T membutuhkan persiapan kampuh alur tunggal atau alur ganda jika diperlukan penetrasi lengkap. Las sudut dapat diklasifikasikan menurut bentuk las, antara lain las terputus-putus, las menerus, las rantai dan las berselang-seling, seperti ditunjukkan pada Gambar 2-8.



Gambar 2. 24 Macam-Macam Las Sudut

(Sumber: Hery Sunaryo, 2008)

2.11.1 Detail Sambungan Las

A. Sambungan Las Tumpul (*Butt/Groove Weld*)

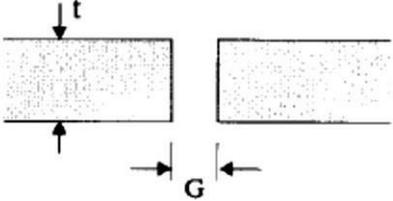
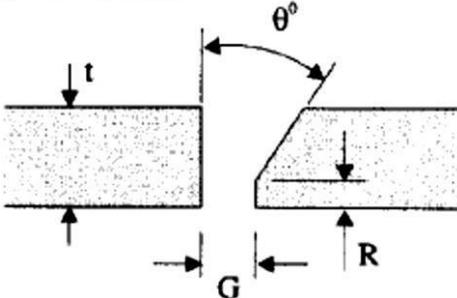
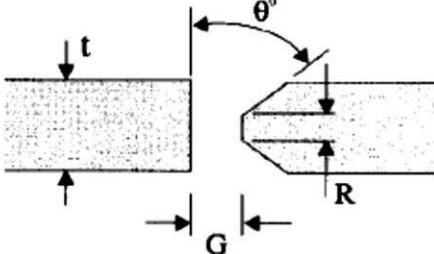
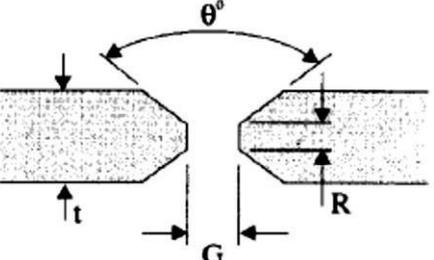
Persiapan tepi untuk sambungan las tumpul (*butt joint*) ditentukan oleh bahan, proses las dan tebal pelat. Untuk tebal sampai dengan 5 mm boleh dipakai las tumpul siku (dilas dari kedua sisinya). Lebar celah haruslah kurang lebih setengah tebal pelat. Jika tebal pelat antara 5 dan 16 mm harus dipakai sambungan tumpul V

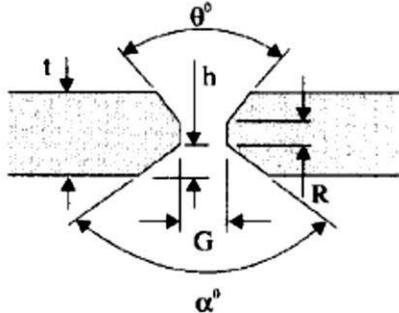
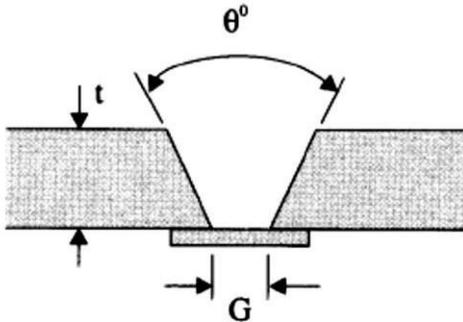
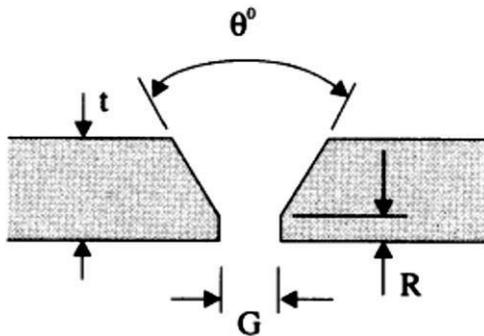
tunggal atau sambungan tumpul Y. Sudut antara bidang-bidang permukaan lebur harus kurang lebih 60° , lebar celah kurang lebih 2 mm dan dalam permukaan-permukaan akar sambungan tumpul Y kurang lebih 2 mm.

Jika tebal pelat lebih dari 16 mm, boleh dipakai sambungan tumpul V tunggal atau sambungan Y atau sambungan tumpul V ganda (sambungan tumpul $2/3 X$), dengan sudut dilingkupi, lebar celah, dan dalam permukaan-permukaan akar seperti penentuan untuk sambungan tumpul V tunggal atau Y. Sambungan tumpul U juga boleh dipakai dalam hal tebal pelat lebih besar. Sudut harus kurang lebih 10° , lebar celah tak lebih dari 2 mm dan dalam permukaan-permukaan akar kurang lebih 3 mm.

Untuk semua sambungan las tumpul, akar harus dipotong di belakang, dan harus dilaskan sedikitnya satu jalan penutup belakang. Jika kesulitan mencapai membuat tak mungkin melakukan pengelasan dari kedua sisi, sambungan penuh dari penampang bersangkutan haruslah dijamin oleh pengelasan sambungan dari satu sisi, celah akar harus diperbesar dan sudut diperkecil. Untuk keperluan ini bilah baja datar harus ditempatkan dibelakang dan dipasang pada satu tepi dengan mengelaskannya sebelum pengelasan sambungan dilakukan. Adapun detail model sambungan las tumpul dapat dilihat pada Tabel 2- 6.

Tabel 2. 5 Detail Sambungan *Butt/Groove Weld*

Detail	Standard
<p data-bbox="325 450 496 481">Square butt</p> 	<p data-bbox="1018 539 1161 571">$t \leq 5 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1018 584 1177 613">$G = 3 \text{ mm}$</p>
<p data-bbox="325 763 576 795">Single level butt</p> 	<p data-bbox="1018 842 1161 873">$t > 5 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1018 887 1177 918">$G \leq 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1018 931 1177 963">$R \leq 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1018 976 1225 1010">$\theta = 50^\circ - 70^\circ$</p>
<p data-bbox="325 1167 576 1198">Double bevel butt</p> 	<p data-bbox="1018 1267 1177 1299">$t > 19 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1018 1312 1177 1344">$G \leq 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1018 1357 1177 1388">$R \leq 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1018 1402 1225 1435">$\theta = 50^\circ - 70^\circ$</p>
<p data-bbox="325 1585 778 1617">Double vee butt, uniform bevels</p> 	<p data-bbox="1018 1693 1177 1724">$G \leq 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1018 1738 1177 1769">$R \leq 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1018 1783 1225 1816">$\theta = 50^\circ - 70^\circ$</p>

Detail	Standard
<p data-bbox="327 338 821 376">Double vee butt, non-uniform bevel</p> 	<p data-bbox="997 434 1157 472">$G \leq 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="997 481 1157 519">$R \leq 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="997 528 1236 566">$6 \leq h \leq t/3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="997 575 1117 613">$\theta = 50^\circ$</p> <p data-bbox="997 622 1117 660">$\alpha = 90^\circ$</p>
<p data-bbox="319 786 869 864">Single vee butt, one side welding with backing strip (temporary or permanent)</p> 	<p data-bbox="1013 978 1173 1016">$G \leq 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1013 1025 1220 1064">$\theta = 30^\circ - 70^\circ$</p> <p data-bbox="1013 1072 1173 1111">$R \leq 3 \text{ mm}$</p>
<p data-bbox="327 1319 542 1357">Single vee butt</p> 	<p data-bbox="997 1503 1157 1541">$G \leq 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="997 1550 1204 1588">$\theta = 30^\circ - 70^\circ$</p> <p data-bbox="997 1597 1157 1635">$R \leq 3 \text{ mm}$</p>

(Sumber: IACS 47 Shipbuilding & Repair Quality Standar)

B. Sambungan Las Sudut (*Fillet Weld*)

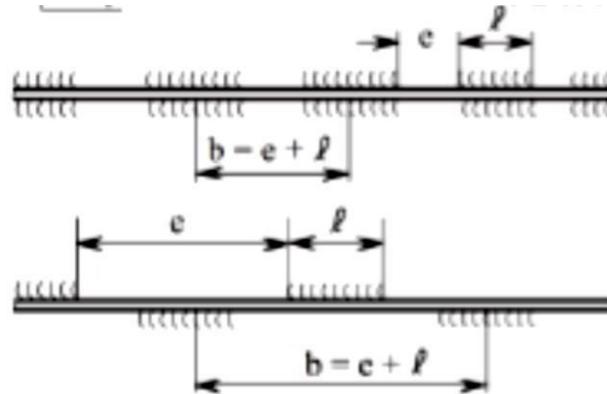
1. Sudut Menerus

Las sudut menerus pada konstruksi kapal harus dilaksanakan pada lokasi tersebut dibawah ini atau ditempat lain yang dikehendaki, tempat tersebut antara lain :

- a. Pada daerah geladak kedap air, bangunan atas dan sekat kedap air serta daerah lain yang memerlukan pendedapan.
- b. Pada daerah tangki atau ruangan kedap air.
- c. Semua konstruksi didaerah ceruk belakang dan pada penguat sekat ceruk belakang.
- d. Semua pengelasan didalam tangki (berisi bahan kimia).
- e. Semua sambungan lipatan (*overlap*) didalam tangki.
- f. Konstruksi utama dan bantu didaerah 0,3 L depan kapal.
- g. Konstruksi utama dan bantu terhadap pelat didaerah akhir pengelasan, serta bracket terhadap pelat dimana biasanya terdapat pengelasan overlap.

2. Sudut Putus – Putus

Las Sudut putus terbagi menjadi dua yaitu *zig-zag* dan rantai adapun aturannya sebagai berikut. Rasio langkah b/ℓ tidak boleh lebih dari 5. Panjang maksimum bagian tidak dilas ($b - \ell$ pada las skalop dan las rantai, atau $b/2 - \ell$ pada las *zig-zag*) tidak boleh lebih dari 25 kali tebal lebih tipis dari bagian dilas. Bagian konstruksi dibolehkan menggunakan las putus-putus dapat dilihat pada (lampiran), (BKI 2016, Vol. II Bab 18).



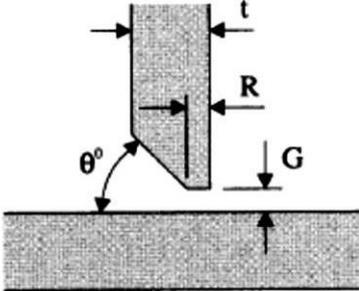
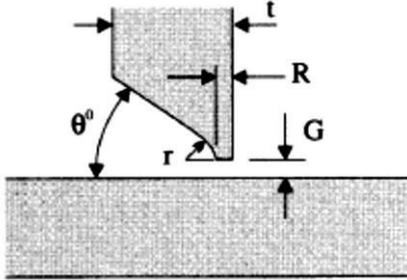
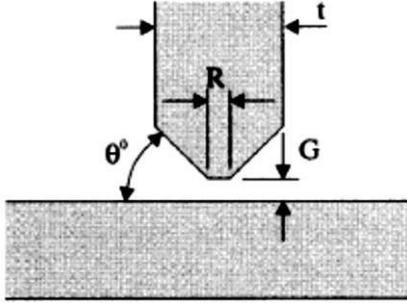
Gambar 2. 25 Las Sudut Rantai dan Zig-Zag

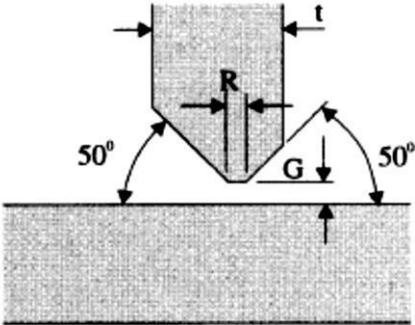
(Sumber: BKI 2016 VOL. II BAB 18)

Adapun detail model beberapa sambungan las sudut dapat dilihat pada Tabel 2- 7.

Tabel 2. 6 Detail Sambungan Las Sudut

Detail	Standard
Tee Fillet	
	$G \leq 2 \text{ mm}$
Single bevel tee with permanent backing	
	$G \leq 4 - 6 \text{ mm}$ $\theta^\circ = 30^\circ - 45^\circ$

Detail	Standard
<p data-bbox="379 376 577 407">Single bevel tee</p> 	<p data-bbox="1037 448 1173 479">$G \leq 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1037 488 1173 519">$R \leq 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1037 528 1157 560">$\theta^\circ = 50^\circ$</p>
<p data-bbox="379 801 539 833">Single 'J' tee</p> 	<p data-bbox="1029 846 1220 878">$G = 2.5 - 4 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1029 887 1220 918">$r = 12 - 15 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1029 927 1157 958">$R = 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1029 967 1133 999">$\theta \geq 35^\circ$</p>
<p data-bbox="379 1205 746 1236">Double bevel tee symmetrical</p> 	

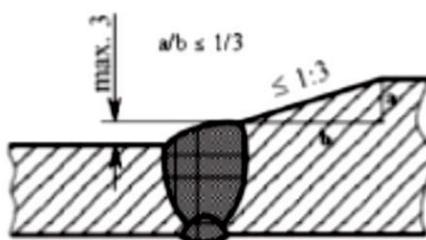
Detail	Standard
<p data-bbox="347 253 722 286">Double bevel tee assymetrical</p> 	<p data-bbox="1018 309 1150 338">$t > 19 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1018 342 1150 371">$G \leq 3 \text{ mm}$</p> <p data-bbox="1018 376 1150 405">$R \leq 3 \text{ mm}$</p>

(Sumber: IACS 47 Shipbuilding & Repair Quality Standar)

Tebal leher las sudut tidak boleh lebih dari 0,7 kali tebal dari bagian lebih tipis yang akan disambung (umumnya tebal bilah), (BKI 2016, Vol. II Bab 18).

C. Sambungan dengan Tebal Pelat Berbeda

Jika pada sambungan las tumpul perbedaan tebal pelat dari 3 mm dianjurkan untuk mentiruskan tepi pelat lebih tebal dalam perbandingan 1 : 3. Pentirusan ini diharuskan pada bagian konstruksi utama.



Gambar 2. 26 Gambar 2- 10 Pengelasan Dengan Perbedaan Ketebalan