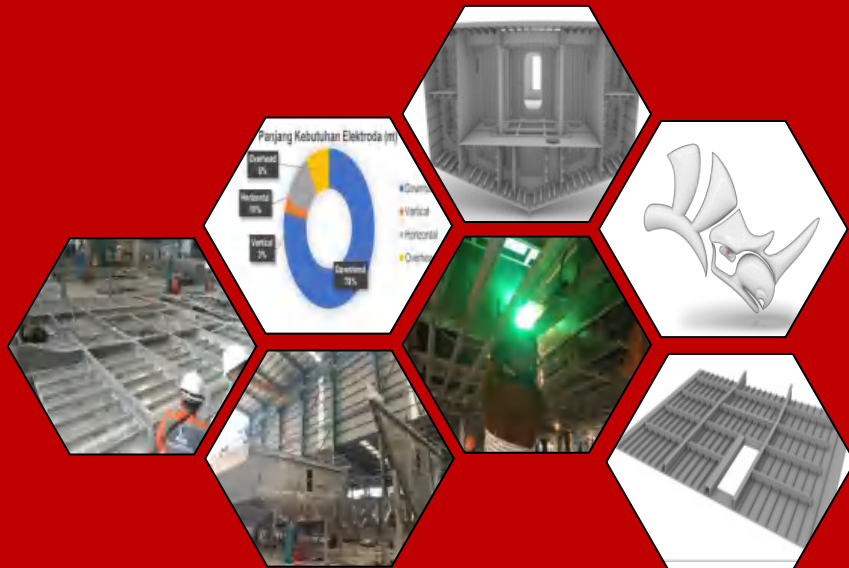


ANALISIS KEBUTUHAN ELEKTRODA PADA PERAKITAN LAMBUNG KAPAL ALUMUNIUUM CREW BOAT 42 M DI PT KIM SEAH BATAM



MUH. FADHLAN AGUS
D031201078



Optimized using
trial version
www.balesio.com

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA
2024

**ANALISIS KEBUTUHAN ELEKTRODA PADA PERAKITAN LAMBUNG
KAPAL ALUMINIUM CREW BOAT 42 M DI PT KIM SEAH BATAM**

**MUH. FADHLAN AGUS
D031201078**



**PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

**ANALISIS KEBUTUHAN ELEKTRODA PADA PERAKITAN LAMBUNG
KAPAL ALUMINIUM CREW BOAT 42 M DI PT KIM SEAH BATAM**

MUH. FADHLAN AGUS
D031201078

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana

Program studi Teknik Perkapalan

pada

**PROGRAM STUDI TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2024**



Optimized using
trial version
www.balesio.com

SKRIPSI

ANALISIS KEBUTUHAN ELEKTRODA PADA PERAKITAN LAMBUNG KAPAL ALUMINIUM CREW BOAT 42 M DI PT KIM SEAH BATAM

MUH. FADHLAN AGUS
D031201078

Skripsi,

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Sarjana Teknik Perkapalan pada tanggal
16 Agustus 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada
Program Studi Sarjana Teknik Perkapalan
Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Gowa



Mengesahkan:
Pembimbing Tugas Akhir,



in L, ST., MT.
2 1 001

Mengetahui:
Ketua Program Studi,



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

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, skripsi berjudul "Analisis Kebutuhan Elektroda Pada Perakitan Lambung Kapal Aluminium Crew Boat 42 M Di PT. Kim Seah Batam" adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing **Ir. Farianto Fachruddin L, ST., MT.** sebagai Pembimbing Utama. Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka skripsi ini. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta (hak ekonomis) dari karya tulis saya berupa skripsi ini kepada Universitas Hasanuddin.

Gowa, 16 Agustus 2024



MUH. FADHLAN AGUS
D031201078



UCAPAN TERIMA KASIH

Assalamu'alaikum Warohmatullahi Wabarokatuh

Syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karunia, taufik, hidayah serta inahyah-Nya serta sholawat dan salam penulis persembahkan kepada Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan penelitian ini dengan judul “Analisis Kebutuhan Elektroda Pada Perakitan Lambung Kapal Aluminium Crew Boat 42 M Di PT Kim Seah Batam”. Penelitian ini merupakan persyaratan mahasiswa untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Proses pengerjaan skripsi ini telah mengajarkan saya tentang ketekunan, ketelitian, dan dedikasi yang diperlukan dalam mengejar impian dan mencapai tujuan akademis. Saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas dukungan, bimbingan, dan dorongan selama proses penelitian ini kepada:

1. Orang tua tercinta, Ayahanda **Alm. Agus** dan **Ibunda Nurbaya** yang selalu memberikan kasih sayang, doa, dukungan, dan Pelajaran kehidupan dunia dan akhirat kepada penulis.
2. Bapak **Prof. Dr.Eng. Suandar Baso ST., MT.** selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Universitas Hasanuddin.
3. Bapak **Ir. Farianto Fachruddin L, ST., M.T** selaku Pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan, nasehat, dan meluangkan waktunya kepada penulis dalam penyelesaian penelitian ini.
4. Bapak **Wahyuddin ST., MT.** dan Bapak **Fadhil Rizki Clausthaldi, S.T., B.Eng., M.Sc.** selaku dosen penguji yang banyak memberikan masukan dan saran dalam penulisan dan penyusunan skripsi.
5. Bapak **Dr. Ir. Syamsul Asri MT.** Bapak **Moh. Rizal Firmansyah ST., MT,** dan Bapak **Fadhil Rizki Clausthaldi, S.T., B.Eng., M.Sc.** selaku dosen Labo Rancang Bangun Kapal.
6. Ibu **Dr. Ir. Misliah Idrus, M.STr.** selaku Penasehat Akademik yang selalu memberikan arahan dan bimbingan dalam perencanaan jenjang akademik.
7. Dosen-dosen Departemen Teknik Perkapalan yang telah memberikan ilmu pengetahuan yang sangat berharga kepada penulis selama masa perkuliahan.
8. Segenap Staff Administrasi Departemen Teknik Perkapalan yang sangat membantu penulis dalam berbagai urusan administrasi selama selama perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi ini.



9. Bapak **Kristianto** selaku *Project Manager* di PT Kim Seah Batam yang penulis memberikan ilmu dan data yang dibutuhkan dalam

selaku *Project Engineer* di PT Kim Seah Batam sekaligus alumni Inhas yang banyak memberikan ilmu kepada penulis.

Syahputra, Bapak **Annas**, Bapak **Andri**, Bapak **Risqian**, Bapak **Fredi**, Bapak **Jefri** selaku *Quality Control* di PT Kim Seah Batam

- yang memberikan ilmu kepada penulis sehingga memudahkan proses penelitian.
12. Seluruh Staff di PT Kim Seah Batam yang menerima penulis dengan baik untuk belajar dan melakukan penelitian di PT Kim Seah Batam.
 13. Saudara-saudara **PALKA CHAZER** yang senantiasa kebersamai mengarungi dinamika kehidupan kampus serta mengajarkan arti persaudaaan meski tidak sedarah.
 14. Kanda-kanda senior dan teman-teman **CHAZER 2020**, yang menjadi teman seperjuangan dalam belajar dan menuntut ilmu di Departemen Perkapalan.

Penulis menyadari bahwa didalam penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis memohon maaf dan meminta kritikan yang bersifat membangun demi kesempurnaan penelitian yang akan dilaksanakan. Harapan penulis semoga penelitian ini dapat dilaksanakan dan bermanfaat bagi peneliti sendiri maupun bagi pihak yang berkenan untuk membaca dan mempelajarinya.

Wa Assalamualaikum wa rahmatullahi wabarokatuh

Gowa, 8 Agustus 2024

Muh. Fadhlán Agus



ABSTRAK

MUH. FADHLAN AGUS. **Analisis kebutuhan elektroda pada perakitan lambung kapal aluminium crew boat 42 m di PT Kim Seah Batam** (dibimbing oleh Farianto Fachruddin L.).

Galangan kapal sebagai penunjang industri pelayaran terus berkembang dan berinovasi seiring dengan peningkatan permintaan terhadap kapal. Pengelasan merupakan inovasi dalam menunjang efektifitas dan efisiensi pembangunan kapal. PT Kim Seah Batam, selaku salah satu perusahaan yang bergerak di bidang ini, berfokus pada tantangan dan pengoptimalan pembangunan kapal aluminium. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kebutuhan elektroda yang diperlukan dalam pembangunan kapal aluminium secara tepat, serta mengkaji tingkat produktifitas juru las terhadap penggunaan elektroda. Penelitian ini meliputi observasi lapangan, wawancara dengan juru las, serta analisis data produktifitas dan gambar kerja menggunakan perhitungan teoritis yang divalidasi dengan data empiris. Analisis perhitungan teoritis dilaksanakan dengan PWBS (*Product Work Breakdown Structure*) dan identifikasi pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*). Selanjutnya WPS (*Welding Procedure Specification*), *Weld Arrangement*, dan *Weld Detail Booklet* menjadi acuan untuk menentukan beban kerja pengelasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa : beban kerja pengelasan dan kebutuhan elektroda berbanding lurus dengan berat konstruksi kapal. Beban kerja pengelasan tertinggi adalah blok 1 dengan berat konstruksi 8.01 Ton dan berat las 159.92 Kg Selanjutnya, Blok 2 dengan berat berat konstruksi 4.85 Ton dan berat las 84,84 Kg. Blok 3 dengan berat berat konstruksi 4.15 Ton dan berat las 71,41 Kg. Blok 4 dengan berat berat konstruksi 1.89 Ton dan berat las 41,24 Kg. Kebutuhan elektroda terbesar terdapat pada Blok 1 sebanyak 26 *spools*. Selanjutnya, Blok 2 membutuhkan 14 *spools*, Blok 3 sebanyak 12 *spools*, dan Blok 4 membutuhkan 7 *spools*. Tingkat produktifitas juru las tertinggi adalah posisi *downhand* , yaitu 105 mm/s. Selanjutnya posisi *horizontal*, yaitu 91 mm/s, posisi *vertical* yaitu 90 mm/s dan posisi *Overhead* yaitu 88 mm/s. Estimasi waktu perakitan blok untuk pengerjaan pengelasan penuh (*full welding*) sesuai tingkat produktifitas juru las adalah 18 hari kerja.

Kata kunci : pengelasan; GMAW; aluminium; elektroda; produktifitas



ABSTRACT

MUH. FADHLAN AGUS. Analysis of Electrode Requirements in the Assembly of a Aluminum Crew Boat Hull 42-meter at PT Kim Seah Batam (supervised by Farianto Fachruddin L.).

Shipyards, as a support for the shipping industry, continue to grow and innovate in line with the increasing demand for ships. Welding is an innovation that enhances the effectiveness and efficiency of shipbuilding. PT Kim Seah Batam, as one of the companies operating in this field, focuses on the challenges and optimization of aluminum ship construction. This research aims to accurately determine the electrode requirements for aluminum ship construction and to assess the productivity level of welders in relation to electrode usage. The study includes field observations, interviews with welders, and analysis of productivity data and work drawings using theoretical calculations validated by empirical data. The theoretical calculations were carried out using PWBS (Product Work Breakdown Structure) and the identification of GMAW (Gas Metal Arc Welding). Subsequently, WPS (Welding Procedure Specification), Weld Arrangement, and the Weld Detail Booklet were used as references to determine welding workloads. The research results indicate that welding workloads and electrode requirements are directly proportional to the ship's construction weight. The highest welding workload is in Block 1 with a construction weight of 8.01 tons and a weld weight of 159.92 kg. Next is Block 2 with a construction weight of 4.85 tons and a weld weight of 84.84 kg, Block 3 with a construction weight of 4.15 tons and a weld weight of 71.41 kg, and Block 4 with a construction weight of 1.89 tons and a weld weight of 41.24 kg. The highest electrode requirement is in Block 1, requiring 26 spools, followed by Block 2 needing 14 spools, Block 3 requiring 12 spools, and Block 4 needing 7 spools. The highest welder productivity is in the downhand position, at 105 mm/s, followed by the horizontal position at 91 mm/s, vertical position at 90 mm/s, and overhead position at 88 mm/s. The estimated time for full welding works of block assembly based on welder productivity levels is 18 working days..

Keywords: welding; GMAW; aluminum; electrode; productivity



DAFTAR ISI

	Halaman
_Toc174647551 HALAMAN SAMPUL	i
AHALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGAJUAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA	iv
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR PERSAMAAN	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Paduan Alumunium.....	2
1.3 Teknologi Produksi Kapal.....	2
1.3.1 Pendekatan Konvensional	3
1.3.2 Pendekatan Modern.....	4
1.4 Konsep Produksi Kapal.....	5
1.4.1 Desain Produksi Kapal.....	5
1.4.2 Konsep PWBS (<i>Product-Work Breakdown Strcuture</i>).....	6
1.4.3 HBCM (<i>Hull Block Construction Method</i>)	8
1.5 Pengelasan (Welding).....	17
1.5.1 Urutan Pengelasan (<i>Welding Sequences</i>)	17
1.5.1.1 Shielded Metal Arc Welding	18
1.5.1.2 Gas Metal Arc Welding	19
1.5.1.3 Gas Tungsten Arc Welding	20
1.5.1.4 Laser Welding	20
1.5.1.5 Resistance Welding	21



1.5.6 Posisi Pengelasan	22
1.6 Produktifitas Kerja.....	25
1.7 Tujuan Penelitian	25
1.8 Manfaat Penelitian	26
BAB II METODE PENELITIAN.....	27
2.1 Tahapan Penelitian	27
2.1.1 Identifikasi dan Pengumpulan Data Penelitian.....	27
2.1.2 Identifikasi <i>Grand Block</i> Kapal Alumunium <i>Crew Boat</i> 42m.....	27
2.1.3 Pemodelan 3D Blok <i>Mid Body</i>	28
2.1.4 Identifikasi Elemen Konstruksi	28
2.1.5 Perhitungan Beban Kerja Pengelasan	29
2.1.6 Penentuan Kebutuhan Elektroda	31
2.1.7 Penentuan Berat Konstruksi	32
2.1.8 Penentuan Tingkat Produktifitas Juru Las.....	32
2.2 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	33
2.3 Kerangka Pikir.....	34
BAB III HASIL dan PEMBAHASAN.....	35
3.1 Data Kapal	35
3.2 Urutan Perakitan dan Panjang Pengelasan	36
3.2.1 Blok 1	38
3.2.2 Blok 2.....	53
3.2.3 Blok 3.....	63
3.2.4 Blok 4.....	76
3.3 Beban Kerja Pengelasan	83
3.3.1 Blok 1	84
3.3.2 Blok 2.....	85
3.3.3 Blok 3.....	86
3.3.4 Blok 4.....	87
oda Las.....	89
Las	90
t Produktifitas Juru Las dan Beban Kerja Pengelasan	93
.....	101
.....	104



4.1 Kesimpulan 104


4.2 Saran 105

DAFTAR PUSTAKA 106



Optimized using
trial version
www.balesio.com

DAFTAR GAMBAR

Nomor Urut	Halaman
1. Sejarah Perkembangan Teknologi Produksi Kapal	3
2. Hull Block Construction Method	4
3. Proses Pembangunan Kapal	5
4. <i>Dual Grouping</i> PWBS	6
5. Tingkatan Level Manufaktur Kapal	8
6. <i>Part Fabrication</i>	9
7. <i>Part Assembly</i>	10
8. <i>Sub Block Assembly</i>	11
9. Semi-block and Block Assembly pada Bottom Center Block of Cargo Hold	12
10. Block Assembly and Grand-block Joining pada Top Wing-tank	12
11. Semi-block and Block Assembly pada Bottom Wing, Side Shell with Hopper, and Transverse Hopper in Cargo Hold	13
12. Block Assembly and Grand-block Joining. Corrugated Transverse Bulkhead and Deck Center Between Cargo Holds	13
13. Block Assembly and Grand-block Joining pada Cant Block	14
14. Block Assembly pada Upper Deck and Engine-room Flat	14
15. Semi-block and Block Assembly pada Bulbous Bow	15
16. Semi-block and Block Assembly — Forecastle and Upper Deck of Fore-body	15
17. Grand-block Joining pada Forecastle and Upper Deck of Fore-body	16
18. Block Assembly and Grand-block Joining pada Bottom of Engine Room	16
19. Contoh Penyambungan dengan Pengelasan	17
20. Part of Welding	17
21. Distorsi pada Pengelasan	18
22. Metode Backstep dan Wandering pada Pengelasan	18
23. Electric Arc Welding Processes	19
24. Proses <i>Tungsten Inert Gas (TIG) Welding</i>	19
25. Proses <i>Metal Inert Gas (MIG) Welding</i>	20
26. <i>Butt Joint Weld</i>	21
27. <i>Tee/Filet Joint Weld</i>	21
28. <i>Corner Joint Weld</i>	22
29. <i>Lap and Edge Joint Weld</i>	22
30. <i>Down Hand Position</i>	23
31. Horizontal Position	23
32. <i>Vertical Position</i>	24
33. <i>Over Head Position</i>	24
34. Posisi Pengelasan berdasarkan Tipe Sambungan	25
 Produktifitas Juru Las	27
..... sion KCB-42 m	28
..... hell	29
..... /	29
.....	30
.....	30

42. *Continious Weld*.....31

43. Intermittend Weld,.....31

44. Desain Blok *Mid Body*.....36

45. Sub Blok pada Blok 1.....38

46. Urutan perakitan *Transverse Bulkhead Frame 13*.....39

47. Urutan perakitan Panel *Center Bottom*40

48. Urutan perakitan Panel Portside Bottom Section A.....41

49. Urutan perakitan Panel Starboard Bottom Section A42

50. Urutan perakitan Panel Bottom Section B (Portside and Starboard).....43

51. Urutan perakitan Panel Inner Bottom.....43

52. Urutan perakitan Sub Blok Bottom.....44

53. Urutan perakitan Panel Inner Bottom Wing Tank (Portside and Starboard)45

54. Urutan perakitan Longitudinal Bulkhead Wing Tank (Portside and Starboard).....45

55. Urutan perakitan Transversal Frame Side Shell (Portside and Starboard)46

56. Urutan perakitan Sub Blok Side Shell46

57. Urutan perakitan Panel Main Deck Plat47

58. Urutan perakitan Panel Transverse Deck Beam47

59. Urutan perakitan Longitudinal Deck Beam (Portside and Starboard).....48

60. Urutan perakitan Panel Longitudinal Bulkhead Wing Tank (Portside and Starboard)
.....48

61. Urutan perakitan Panel Transversal Frame Main Deck (Portside and Starboard)...49

62. Urutan perakitan sub blok main deck.....49

63. Urutan perakitan panel Transverse Bulkhead Frame 1750

64. Keel Plate51

65. Assembly Blok 1.....52

66. Sub Blok pada Blok 2.....53

67. Urutan perakitan Panel Inner Bottom Plat.....54

68. Urutan perakitan Panel Longitudinal Tank Construction54

69. Urutan perakitan Panel Longitudinal Bulkhead Bottom Tank54

70. Urutan perakitan Panel Transverse Frame Bottom55

71. Urutan perakitan Sub Blok Bottom.....56

72. Urutan perakitan Side Shell Frame 1857

73. Urutan perakitan Side Shell Frame 1957

74. Urutan perakitan Side Shell Frame 2057

75. Urutan perakitan Side Shell Frame 2158

76. Urutan perakitan Panel Main Deck58

77. Urutan perakitan Panel Longitudinal Deck Beam.....59

78. Urutan perakitan Panel Transverse Deck Beam60

79. Urutan perakitan sub blok main deck.....60

80. Urutan perakitan panel Transverse Bulkhead Frame 2261

81. Keel Plate61

.....62

ok 3.....64

.....64

Panel Inner Bottom Plat.....65

Panel Longitudinal Bulkhead Bottom Tank65

Panel Longitudinal Tank Construction65

Panel Longitudinal Bottom Construction.....66



89. Urutan perakitan Panel Transverse Frame Bottom	67
90. Urutan perakitan Sub Blok Bottom.....	68
91. Urutan perakitan Side Shell Frame 23	69
92. Urutan perakitan Side Shell Frame 24	69
93. Urutan perakitan Side Shell Frame 25	70
94. Urutan perakitan Side Shell Frame 26	70
95. Urutan perakitan Side Shell Frame 27	71
96. Urutan perakitan Panel Longitudinal Deck Beam.....	71
97. Urutan perakitan Panel Transverse Deck Beam	73
98. Urutan perakitan panel Transverse Bulkhead Frame 22	74
99. Assembly Blok 3.....	75
100. Keel Plate Blok 3.....	77
101. Urutan perakitan Bottom Frame 28.....	77
102. Urutan perakitan Bottom Frame 29.....	77
103. Urutan perakitan Side Shell Frame 28	78
104. Urutan perakitan Side Shell Frame 29.....	78
105. Urutan perakitan Panel Transverse Deck Beam	79
106. Urutan perakitan Panel Longitudinal Deck Beam.....	80
107. Urutan perakitan Panel Main Deck	80
108. Urutan perakitan panel Transverse Bulkhead Frame 22.....	81
109. Assembly Blok 4.....	82
110. Elektroda Las	89
111. Produktifitas Juru Las	91
112. Pengalaman Kerja Juru Las	92
113. Hierarki dan Urutan perakitan KCB-42m	94
114. Berat Konstruksi Blok Mid Body	101
115. Panjang Las Blok Mid Body	102
116. Berat Las Blok Mid Body.....	102
117. Kebutuhan Elektroda Blok Mid Body.....	103
118. Tingkat Produktifitas Juru Las	103



DAFTAR TABEL

Nomor Urut	Halaman
1. Sifat Paduan Alumunium.....	2
2. Ukuran Blok Mid Body	35
3. Detail Weld Arrangement	36
4. Panjang pengelasan dan berat konstruksi Blok 1	52
5. Panjang pengelasan dan berat konstruksi Blok 2	63
6. Panjang pengelasan dan berat konstruksi Blok 3	76
7. Panjang pengelasan dan berat konstruksi Blok 4	82
8. Fillet Size Weld	83
9. Beban kerja pengelasan Blok 1	84
10. Beban kerja pengelasan berdasarkan posisi pengelasan Blok 1	85
11. Beban kerja pengelasan Blok 2.....	85
12. Beban kerja pengelasan berdasarkan posisi pengelasan Blok 2	86
13. Beban kerja pengelasan Blok 3	86
14. Beban kerja pengelasan berdasarkan posisi pengelasan Blok 3	87
15. Beban kerja pengelasan Blok 4	87
16. Beban kerja pengelasan berdasarkan posisi pengelasan Blok 4	88
17. Akumulasi beban kerja pengelasan berdasarkan blok	88
18. Akumulasi beban kerja pengelasan berdasarkan posisi kerja	89
19. Kebutuhan elektroda las	90
20. Produktifitas Juru Las	91
21. Pengalaman Kerja Juru Las.....	92
22. Produktifitas Juru Las	93
23. Urutan Pembangunan.....	94
24. Kebutuhan elektroda Blok 1 berdasarkan posisi las dan urutan kerja.....	95
25. Kebutuhan elektroda Blok 2 berdasarkan posisi las	95
26. Kebutuhan elektroda Blok 3 berdasarkan posisi las	96
27. Kebutuhan elektroda Blok 4 berdasarkan posisi las	97
28. Arc Time Blok 1	98
29. Arc Time Blok 2	98
30. Arc Time Blok 3	99
31. Arc Time Blok 4	100
32. Akumulasi Arc Time.....	100



DAFTAR PERSAMAAN

Nomor Urut	Halaman
Persamaan 1.....	25
Persamaan 2.....	31
Persamaan 3.....	31
Persamaan 4.....	31
Persamaan 5.....	32
Persamaan 6.....	33
Persamaan 7.....	37
Persamaan 8.....	37
Persamaan 9.....	37
Persamaan 10.....	37
Persamaan 11.....	37
Persamaan 12.....	38
Persamaan 13.....	84
Persamaan 14.....	84
Persamaan 15.....	89
Persamaan 16.....	90
Persamaan 17.....	90
Persamaan 18.....	93
Persamaan 19.....	94



DAFTAR LAMPIRAN

Nomor Urut

1. Dokumentasi Penelitian
2. *Master Schedule* dan Kerja
3. WPS (*Welding Procedure Specification*) and *Weld Arrangement*
4. PWBS
5. Perhitungan Berat Konstruksi dan Pengelasan
6. Produktifitas Juru Las



Optimized using
trial version
www.balesio.com

DAFTAR SINGKATAN DAN ARTI SIMBOL

Lambang/Singkatan	Arti dan Keterangan	Satuan
LOA	Length of All	m
LWL	Length of Waterline	m
B	Lebar Kapal	m
H	Tinggi Kapal	m
T	Sarat Kapal	m
X_1	Jumlah pengelasan kriteria 1	
La_1	Panjang objek las kriteria 1	m
Lb_1	Panjang las intermittend kriteria 1	m
Lc_1	Panjang antar las kriteria 1	m
X_2	Jumlah pengelasan kriteria 2	
La_2	Panjang objek las kriteria 2	m
Lb_2	Panjang las intermittend kriteria 2	m
Lc_2	Panjang antar las kriteria 2	m
X_3	Jumlah pengelasan kriteria 3	
La_3	Panjang objek las kriteria 3	m
Lb_3	Panjang las intermittend kriteria 3	m
Lc_3	Panjang antar las kriteria 3	m
A	Luas	m ²
π	<i>Phi</i>	
r^2	Jari-jari	m
h	<i>labor time</i>	
AT	<i>arc time</i>	
N	<i>nonarc time</i>	



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di era globalisasi serta perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di dunia diperlukan strategi yang dapat membawa suatu perusahaan pada dua hal, yaitu nilai dan keunggulan. Selain itu orientasi pembangunan nasional telah mengalami perubahan dari konsep pembangunan darat menjadi pembangunan kemaritiman yang lebih mengarah ke eksplorasi laut. Galangan kapal merupakan penunjang industri pelayaran transportasi laut dalam rangka pembangunan maritim. Industri galangan kapal berperan sebagai penyediaan kapal untuk sarana transportasi laut. Selain itu, industri kapal juga berperan untuk pemeliharaan serta perbaikan (reparasi) kapal. (Fitriyah dan Wiwi, 2015).

Salah satu tahapan pembangunan kapal adalah pengkonstruksian material menjadi riil sebuah kapal. Seiring penemuan teknologi las (welding technology) menggantikan teknologi keling (riveling technology), maka teknologi perakitan kapalpun mengalami evolusi teknologi. Teknologi untuk merakit kapal niengalami perkembangan mulai dari sistem komponen atau metode tradisional/konvensional sampai dengan, sisten: blok atau metode modern. (James, 1980)

Menurut (Eyres, 2001) Ada banyak keuntungan yang bisa diperoleh dari penggunaan pengelasan di kapal dibandingkan dengan memiliki konstruksi keling. Ini dapat dianggap sebagai keuntungan baik dalam membangun dan mengoperasikan kapal. Bagi pembuat kapal keuntungannya adalah:

- a) Pengelasan cocok untuk penerapan teknik prefabrikasi.
- b) Lebih mudah untuk mendapatkan kedap air dan kedap minyak dengan sambungan las.
- c) Joint dapat diproduksi lebih cepat.

Bagi pemilik kapal keuntungannya adalah :

- a) Mengurangi berat baja lambung; oleh karena itu lebih banyak bobot mati.
- b) Kurangnya perawatan, dari paku keling yang kendur, dll.
- c) Lambung yang lebih halus dengan penghapusan putaran menyebabkan berkurangnya
- d) Ketahanan gesekan kulit yang dapat mengurangi biaya bahan bakar.

Pengelasan merupakan pekerjaan penting dalam pembangunan kapal sehingga perlu untuk direncanakan dengan baik. Elektroda atau kawat adalah bahan lasan yang berfungsi sebagai filler pengisi pada bidang kampuh troda pengelasan memberikan pengaruh yang besar terhadap kapal. Pekerjaan pengelasan juga ditentukan oleh kinerja atau . Produktifitas juru las dapat menjadi acuan dalam mengetahui an untuk melakukan pekerjaan pengelasan. Dalam perencanaan diperlukan metode yang tepat sehingga pembangunan kapal dapat f dan efisien. Maka, diperlukan perencanaan kebutuhan elektroda



serta tingkat produktifitas juru las yang dapat menjadi acuan untuk memastikan produksi kapal menjadi efektif dan efisien.

1.2 Paduan Aluminium

Menurut Eyres (2007), Ada tiga keunggulan yang dimiliki paduan aluminium dibandingkan baja ringan pembangunan kapal. Pertama, aluminium lebih ringan dari baja ringan (perkiraan beratnya adalah aluminium 2.723 ton/m³, baja ringan 7.84 ton/m³. Kedua, keunggulan aluminium adalah ketahanannya yang tinggi terhadap korosi dan ketahanannya terhadap korosisifat non-magnetik. Sifat-sifat non-magnetik dapat mempunyai manfaat di kapal perang dan secara lokal dalam kompas magnetik, Sifat korosi yang baik dapat dimanfaatkan, namun prosedur perawatannya benar diperlukan. Kerugian utama dari penggunaan paduan aluminium adalah biaya awalnya yang tinggi (ini telah diperkirakan pada 8 sampai 10 kali harga baja berdasarkan tonase). Biaya awal yang tinggi ini harus diimbangi dengan peningkatan kapasitas pendapatan kapal, yang dihasilkan dari pengurangan bobot kapal ringan atau peningkatan akomodasi penumpang dengan dimensi kapal yang sama

Paduan aluminium umumnya diidentifikasi berdasarkan sebutan numerik Asosiasi Aluminiumnya. 5000 paduan yang tidak diberi perlakuan panas dan 6000 paduan diberi perlakuan panas. Sifat paduan aluminium, ditunjukkan oleh tambahan huruf dan penomoran. *Lloyds Register* meresepekan yang berikut ini paduan yang umum digunakan dalam pembuatan kapal :

Tabel 1. Sifat Paduan Aluminium

<i>Type</i>	<i>Function</i>
5083-0	<i>annealed</i>
5083-F	<i>as fabricated</i>
5083-H321	<i>strain hardened and stabilized</i>
5086-0	<i>annealed</i>
5086-F	<i>as fabricated</i>
5086-H321	<i>strain hardened and stabilized</i>
6061-T6	<i>solution heat treated and artificially aged</i>
6082-T6	<i>solution heat treated and artificially aged</i>

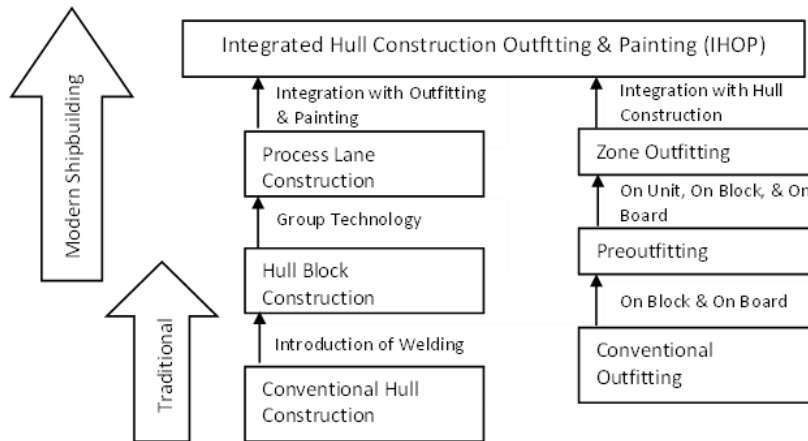


F, 2008)

ksi Kapal

es (2007), berkat teknologi las bagian-bagian seperti gading-rg disatukan dengan pelat kulit, lunas dapat dilas dengan bagian kaligus membentuk panel, sub-blok atau bahkan blok.

Menurut Chirillo (1983), perkembangan teknologi produksi bangunan kapal dapat dibagi ke dalam empat jenis tahapan berdasarkan teknologi yang digunakan dalam proses pengerjaan lambung dan *outfitting*. ditunjukkan pada berikut.



Gambar 1. Sejarah Perkembangan Teknologi Produksi Kapal
(Sumber : Chirillo, 1983)

1.3.1 Pendekatan Konvensional

A. Conventional Hull Construction and Outfittings

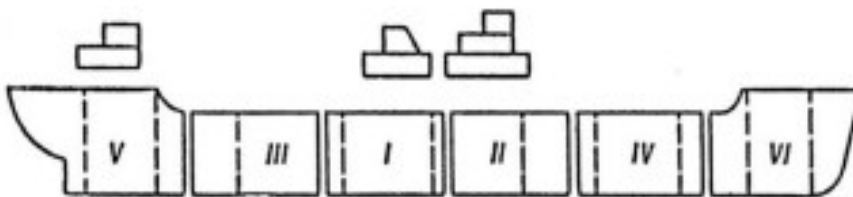
Tahapan ini merupakan tahapan penerapan teknologi produksi kapal berorientasi pada sistem atau fungsi di kapal dan pekerjaan pembangunan kapal terpusat di *building berth*. Proses pekerjaan diawali dengan peletakan lunas, kemudian dilanjutkan dengan pemasangan gading, kulit dan seterusnya sampai ke bangunan atas dan diakhiri pada pekerjaan *outfitting* (OF), pekerjaan tersebut dilakukan berdasarkan *system per system*.

B. 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.

Tahapan kedua ini masih dipertimbangkan tradisional, karena design, material definition dan procurement masih dikerjakan sistem demi sistem. Sedang proses produksinya diorganisasi berdasarkan zone atau block, sehingga tahapan ini juga "em/stage". Karena adanya dua aspek yang bertentangan antara pengerjaannya, banyak kesempatan untuk perbaikan produktifitas dilakukan.





Gambar 2. Hull Block Construction Method

Sumber (Adzan, 2018)

1.3.2 Pendekatan Modern

A. Process-Lane Hull Construction and Zone Outfitting

Tahapan berikutnya diberi nama *zone/area/stage*. Evolusi dari teknologi pembangunan kapal modern dari metode tradisional dimulai pada tahapan ini. Sistem ini telah banyak digunakan dalam pembangunan kapal di Jepang dan Eropa. Pada teknologi ini sudah mulai diperkenalkan dan diterapkan tentang konsep Group Technology dalam proses pembangunan badan kapal (Hull) dan pekerjaan outfitting (Storch, 1995). Definisi dari Group Technology sebagai pengaturan dan pentahapan yang berdasarkan logika dalam seluruh aspek pelaksanaan perusahaan untuk memperoleh keuntungan dari produksi massal (mass-product) yang memiliki keragaman jenis dan kuantitas produk. Penggunaan Group Technology dalam proses pembangunan kapal dikarenakan rendahnya produktivitas (high cost) yang dicapai dalam pembangunan kapal (Storch, 1995) utamanya dalam kurun waktu tahun 1970 sampai dengan tahun 1980.

Process lane dari segi praktis adalah suatu seri work station (bengkel) yang dilengkapi dengan fasilitas produksi (mesin, peralatan dan tenaga kerja dengan keahlian tertentu) untuk membuat satu kelompok produk yang mempunyai kesamaan dalam proses produksinya. (Wahyuddin, 2011). Dengan pengelompokan seperti ini, berarti galangan mengelompokkan proses produksi berdasarkan kesamaan proses produksi, yang memungkinkan pekerja berpengalaman mengerjakan-pekerjaan di bengkel kerja. Ini adalah suatu faktor yang penting untuk mencapai produktivitas tinggi. Selanjutnya, zona outfitting adalah teknologi kedua. Zona outfitting ini dibagi menjadi region/zone. Pekerjaan outfitting ini dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu on-nit, on block, dan on board (Lamb. T, 1985) dan (Storch, 1995).

B. Integrated Hull Construction, Outfitting, and Painting (IHOP)

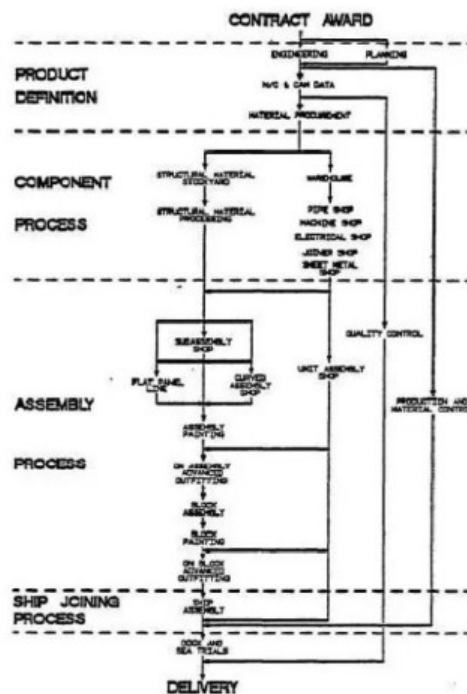
Pendekatan modern selanjutnya, adalah IHOP, yaitu pekerjaan yang mengintegrasikan pembuatan badan kapal, outfitting, dan pengecatan. Keadaan ini menggambarkan teknologi paling advance di industri galangan kapal, oleh Ishikawajima Harima Heavy Industry Co.Ltd. (IHI). Pada tahap 1 dilakukan sebagai bagian dari proses pembuatan kapal di setiap karakteristik utama dari tahap ini adalah digunakannya teknik-teknik khususnya analisa statistik untuk mengontrol proses produksi Accuracy Control System.



1.4 Konsep Produksi Kapal

1.4.1 Desain Produksi Kapal

Proses pembangunan kapal pada dasarnya terdiri dari tiga kegiatan utamanya yaitu desain/rancangan kapal, desain produksi kapal dan pengkonstruksian. Desain produksi kapal (design for ship production) merupakan definisi yang biasa digunakan oleh insinyur produksi sejak akhir tahun 1950, yang bertugas/berfungsi untuk mengurai keterkaitan antara proses desain (process design) dengan desain produksi (production design). Desain produksi meliputi mempersiapkan informasi rancangan dalam mendefinisikan produksi. Sedangkan proses desain mencakup pengembangan rencana produksi. Walaupun demikian desain produksi tidak terbatas hanya untuk desain untuk produksi tetapi juga desain atau pemilihan peralatan, metode, dan urutan produksi yang hemat biaya.



Gambar 3. Proses Pembangunan Kapal

(Sumber: Lamb Thomas, 1986, halaman 18)

Berdasarkan gambar diatas, dapat diketahui konsep pembangunan kapal sebagai berikut :

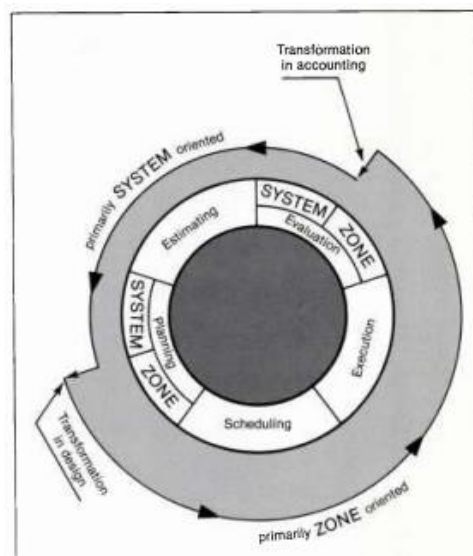


1. *Production Definition*, mencakup perencanaan, material, data manufaktur.
2. *Component Process*, yaitu proses bahan baku menjadi komponen struktur lambung dan outfitting.
3. *Assembly Process*, yaitu proses perakitan komponen struktur unit outfitting.

4. Proses penegakan kapal (*ship joining process*), yaitu proses pengabungan struktur modul dengan permesinan, perlengkapan dan sistem lain.

1.4.2 Konsep PWBS (*Product-Work Breakdown Structure*)

Menurut James (1980), dalam pembuatan kapal konvensional, semua fungsi dari siklus manajemen, yaitu memperkirakan, merencanakan, menjadwalkan, pelaksanaan dan akuntansi, secara konsisten berorientasi pada sistem.. Dari sudut pandang manajerial yang terbatas, misalnya konsistensi menguntungkan. Beberapa keunikan karakter PWBS diilustrasikan pada Gambar berikut.



Gambar 4. Dual Grouping PWBS

(Sumber : James, 1980)

Menurut James (1980), Konsep PWBS dideskripsikan menggunakan GT (*group technology*) dan FM (*family manufacture*). Logikanya PWBS membagi proses produksi kapal menjadi tiga jenis pekerjaan yaitu:

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* dan sudah diterapkan untuk konstruksi lambung oleh sebagian apa.



adalah mengklasifikasikan produk berdasarkan produk antara sesuai dengan sumber daya yang dibutuhkan, misalnya produk el *fabrication*, *assembly* dan bengkel *erection*. Sumber daya

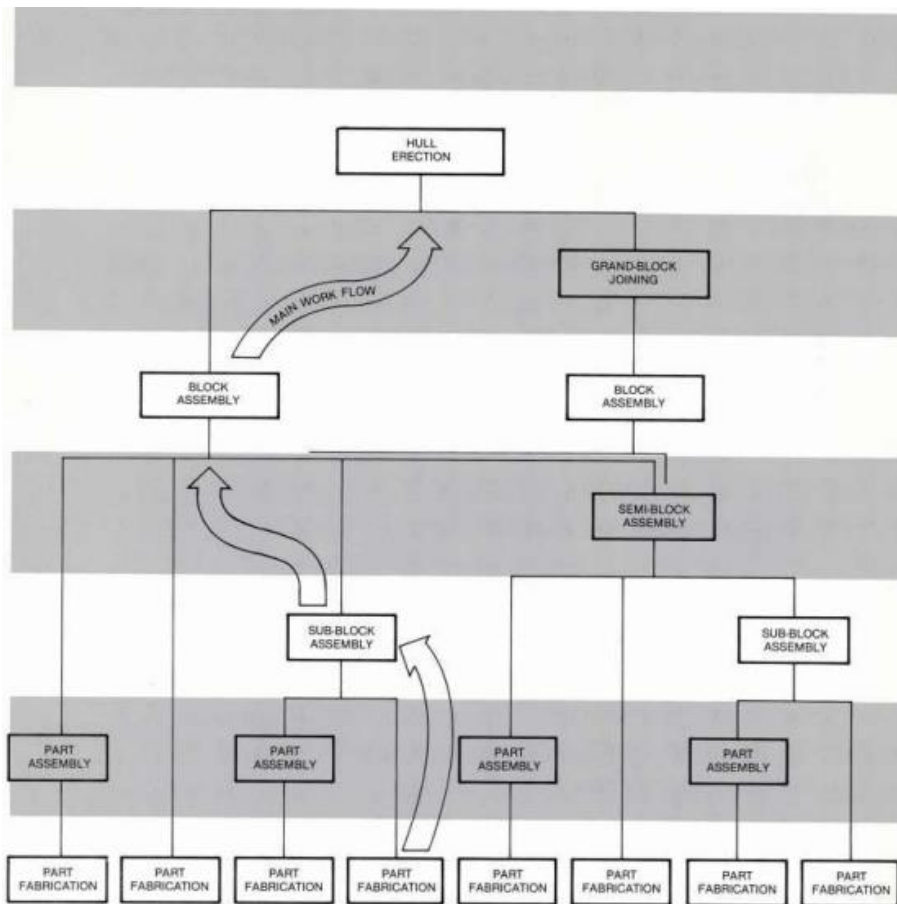
- a. Bahan (*material*), yang digunakan untuk proses produksi, baik langsung maupun tidak langsung, misalnya pelat baja, mesin, kabel, minyak, dan lain-lain.
 - b. Tenaga kerja (*manpower*), yang dikenakan untuk biaya produksi, baik langsung atau tidak langsung, misalnya tenaga pengelasan, *outfitting* 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. *System* 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, sub-pembuatan (*sub-steps of fabrication*), sub-perakitan (*sub*), perakitan (*assembly*), pemasangan (*erection*), perlengkapan *outfitting on-unit*, perlengkapan on-*block* (*outfitting on-block*), dan apan on-board (*outfitting on-board*)



1.4.3 HBCM (*Hull Block Construction Method*)

Tingkat manufaktur atau tahapan untuk *Hull Block Construction Method* didefinisikan sebagai kombinasi dari operasi kerja yang mengubah berbagai masukan ke dalam produk antara (*interim product*) yang berbeda, seperti bahan baku (*material*) menjadi *part fabrication*, *part fabrication* menjadi *sub block assembly* dan seterusnya.

Secara praktis untuk perencanaan perakitan badan kapal terdiri dari tujuh level/tingkat manufaktur sebagaimana ditunjukkan pada gambar di bawah ini. Perencanaan aliran pekerjaan dimulai dari level blok, kemudian dibagi hingga ke level fabrikasi komponen.



Gambar 5. Tingkatan Level Manufaktur Kapal

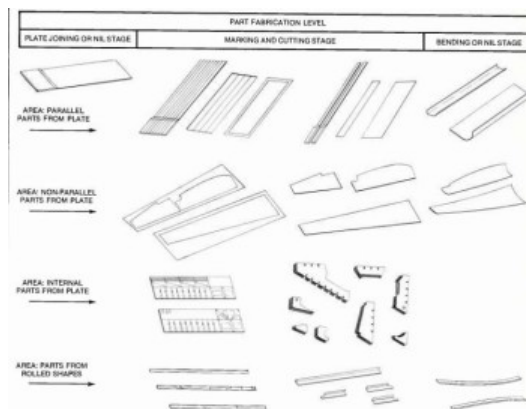
(Sumber: James, 1990)



tion adalah tingkat pekerjaan yang pertama harus dilakukan. Hasilkan daerah – daerah (zones) untuk badan kapal yang tidak lagi (subdivisi). Tipe paket pekerjaan adalah pengelompokan 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) missal pipa dan lain-lain
- Stage pekerjaan dilakukan berdasarkan kesamaan dalam jenis, dan ukuran sbbagai berikut:
 - *Plate Joining* (penyambungan pelat)
 - *Marking and cutting* (Penandaan dan Pemotongan)
 - *Bending* (Pembengkokan)

Tipikal pengelompokan paket-paket pekerjaan diperlihatkan pada Gambar berikut.



Gambar 6. Part Fabrication

(Sumber : James, 1980)

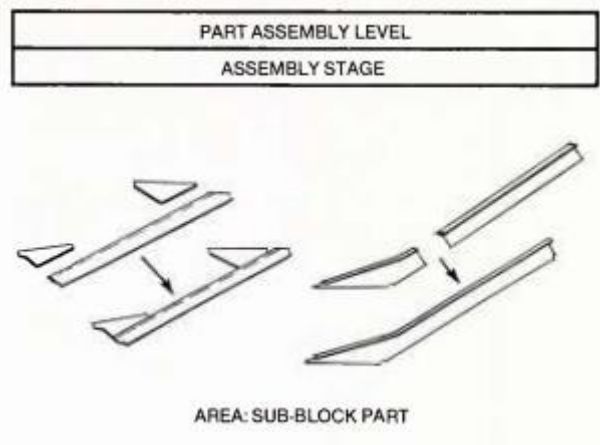
B. Part Assembly

Tingkat manufaktur kedua adalah khusus dan di luar alur kerja utama. Paket pekerjaannya yang khas dikelompokkan berdasarkan daerah sebagai:

- *Built Up Part*, misalnya bagian memanjang dari bagian tee atau el bagian yang besar atau tidak biasa yang tidak digulung oleh pabrik, dan
- *Sub Block Part*, misalnya bagian yang merupakan pengelasan, biasanya terdiri dari braket yang dilengkapi dengan pelat muka atau batang datar, seperti yang ditunjukkan pada Gambar di bawah ini.



Konsep sub-blok adalah teknik perencanaan untuk mengalihkan pekerjaan dari blok, di mana volume pekerjaan yang berlebihan mungkin terjadi, awal tingkat di luar alur kerja utama. Dilakukan dengan sederhana dengan yang dibutuhkan untuk sub-blok perakitan (misalnya pembuatan "suku cadang" sub blok di tingkat perakitan suku untuk menyeimbangkan pekerjaan dan melestarikan sumber daya.



Gambar 7. Part Assembly

(Sumber : James, 1980)

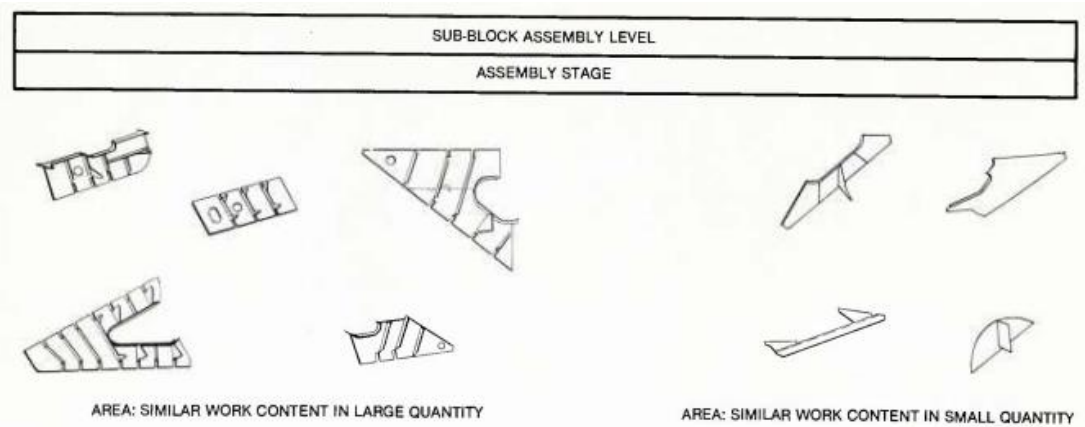
C. Sub-Block Assembly

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 berikut ini.





Gambar 8. *Sub Block Assembly*

(Sumber : James, 1980)

D. Semi Block and Block Assembly and Grand Block Joining

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. *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



1 *block* dan penggabungan *block* besar (*grand block*) menjadi *lari block* menjadi kapal. Untuk membagi *problem area*, definisi ah:

latar khusus)
atau lengkung)
khusus)

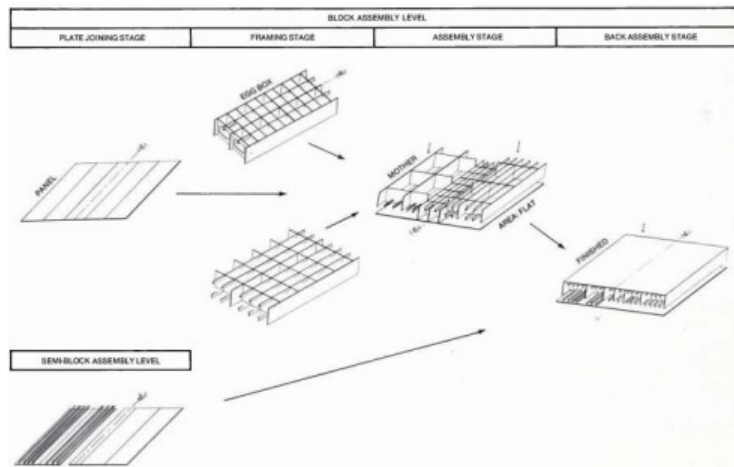
- *Superstructure* (bangunan atas)

Fase *problem area* level perakitan *block* terbagi atas:

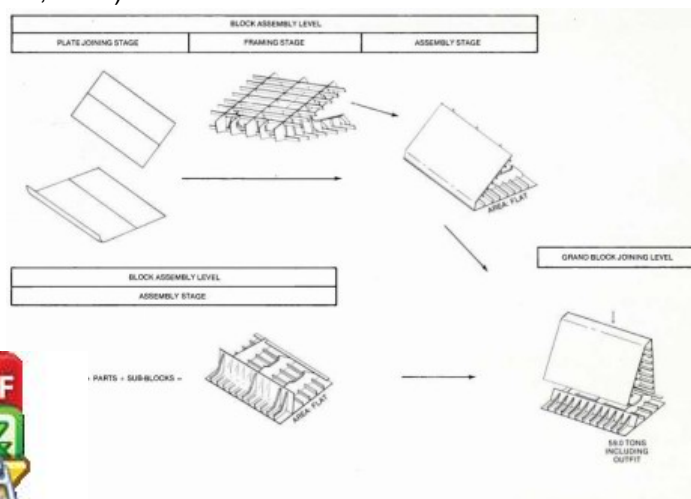
- Penggabungan pelat.
- Pemasangan gading-gading.
- Perakitan.
- *Back assembly* atau nil.

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.

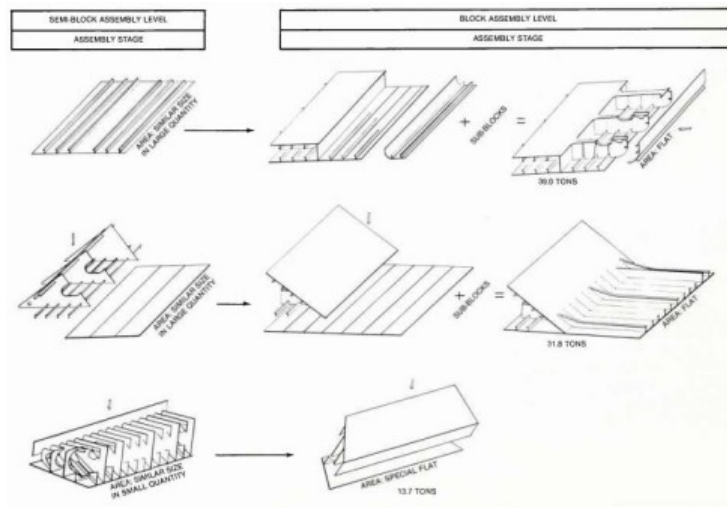


Gambar 9. Semi-block and Block Assembly pada Bottom Center Block of Cargo Hold (Sumber : James, 1980)

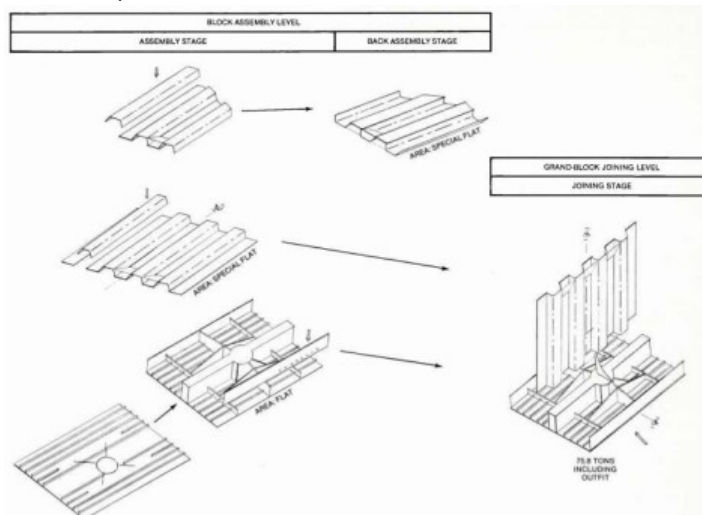


assembly and Grand-block Joining pada Top Wing-tank

(30)

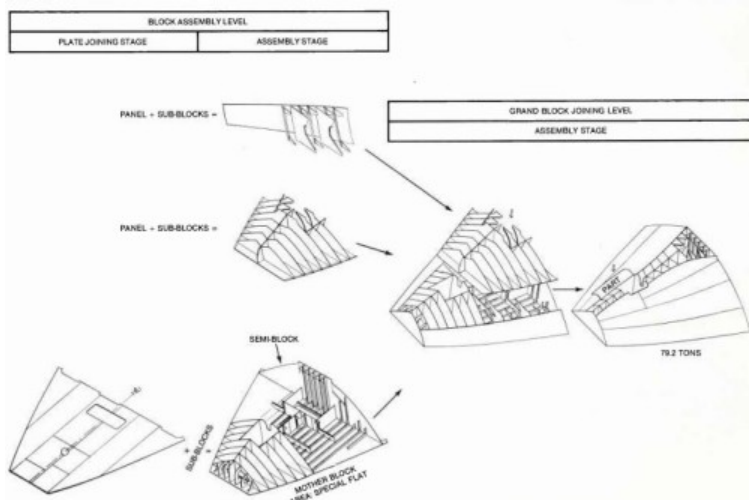


Gambar 11. Semi-block and Block Assembly pada Bottom Wing, Side Shell with Hopper, and Transverse Hopper in Cargo Hold
 (Sumber : James, 1980)

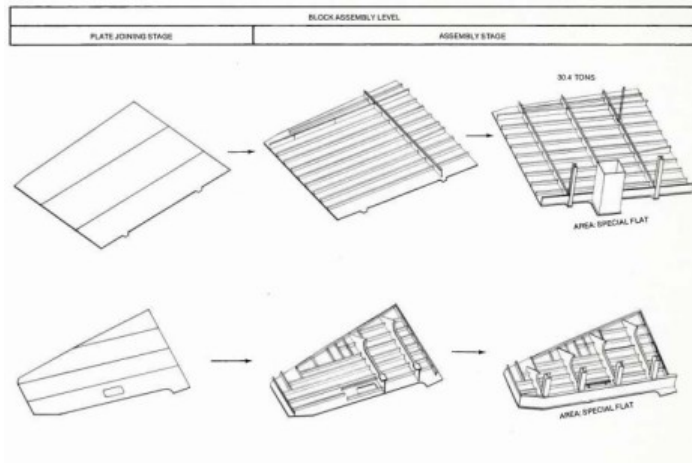


Gambar 12. Block Assembly and Grand-block Joining. Corrugated Transverse Bulkhead and Deck Center Between Cargo Holds
 (Sumber : James, 1980)



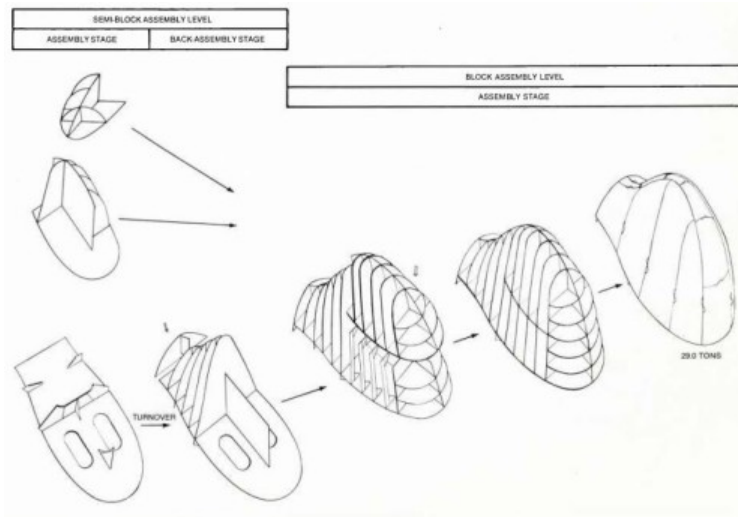


Gambar 13. Block Assembly and Grand-block Joining pada Cant Block
(Sumber : James, 1980)

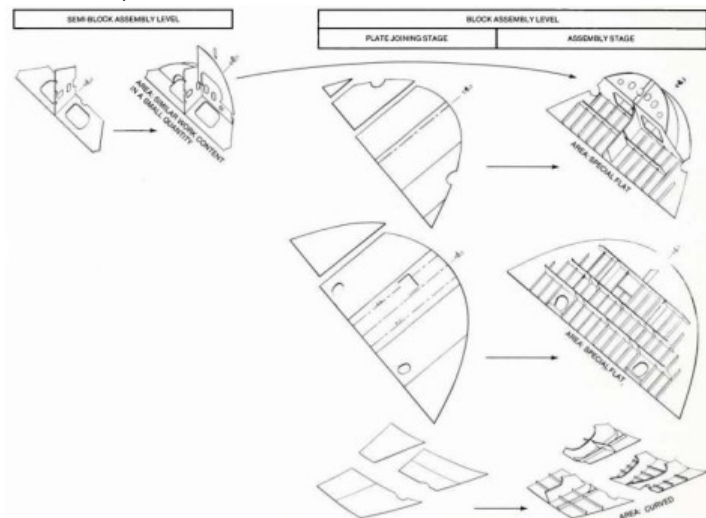


Gambar 14. Block Assembly pada Upper Deck and Engine-room Flat
(Sumber : James, 1980)



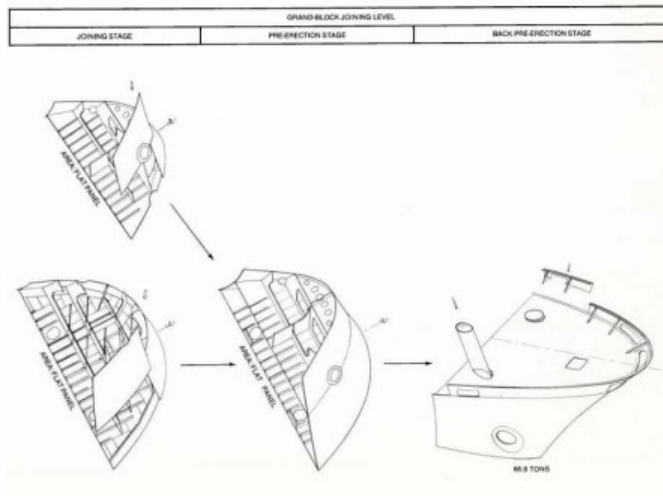


Gambar 15. Semi-block and Block Assembly pada Bulbous Bow
(Sumber : James, 1980)

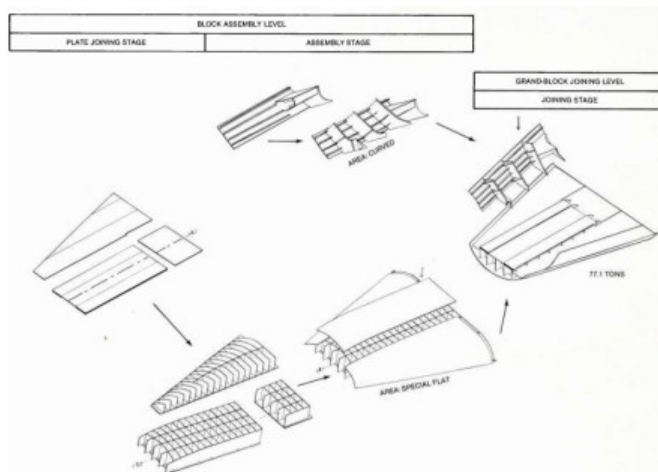


Gambar 16. Semi-block and Block Assembly — Forecastle and Upper Deck of Forebody
(Sumber : James, 1980)





Gambar 17. Grand-block Joining pada Forecastle and Upper Deck of Fore-body (Sumber : James, 1980)



Gambar 18. Block Assembly and Grand-block Joining pada Bottom of Engine Room (Sumber : James, 1980)

E. Hull Erection

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



- bagian depan badan kapal (*fore hull*).
- in (*cargo hold*).
- sin (*engine room*).
- bagian belakang badan kapal (*aft hull*).
- as.

• sederhana terbagi atas:

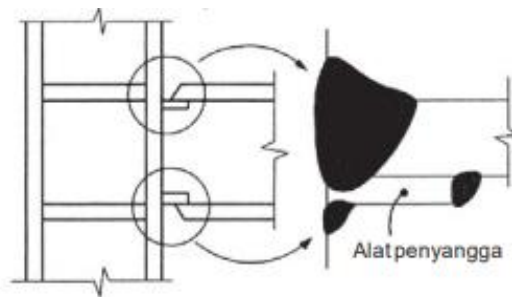
- Pengujian dan percobaan kapal (*test*).

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.

1.5 Pengelasan (Welding)

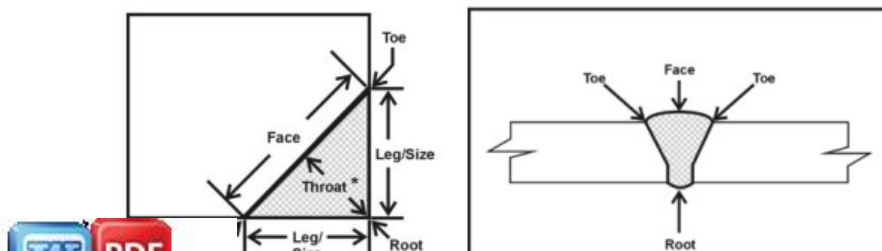
Menurut Sunaryo (2008), Metode penyambungan logam dengan cara tarik-menarik antar atom dinamakan pengelasan. Permukaan dari kedua logam ini sama dengan permukaan dari patahan/retakan logam dalam kondisi mendekati hampa/vakum seperti di luar angkasa. Jika permukaan-permukaan tersebut bersih dan rata, didekatkan satu sama lain sampai bersentuhan, kedua logam tersebut bisa tersambung karena tarik-menarik antara atom-atomnya tersebut. Keberhasilan sebuah pengelasan mensyaratkan beberapa kondisi seperti :

- Hilangkan lapisan film oksida, karat dan kotoran yang dapat menghalangi kontak (sentuhan) antar atom dari logam sehingga bersih dan mengaktifkan permukaan.
- Meluaskan areal permukaan kontak atom dari kedua logam tersebut.



Gambar 19. Contoh Penyambungan dengan Pengelasan
(Sumber : Sunaryo, 2008)

Terdapat penamaan yang diberikan pada bagian-bagian hasil pengelasan, seperti pada gambar berikut.



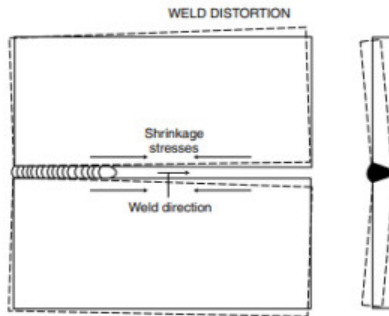
Velding

(Visual Inspection Handbook)

elasan (**Welding Sequences**)

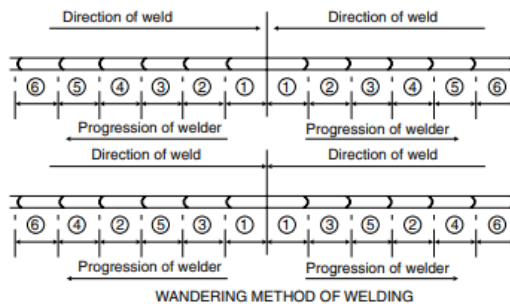
saat pengelasan, panas dialirkan ke pelat, dan karena itu ini logam saat pendinginan berkontraksi. Lasan pada pendinginan dan

berkontraksi cenderung menarik pelat bersamanya. Hal ini mengakibatkan terjadinya struktural defleksi, tindakan menahan pelat untuk mencegah pengelasan berkontraksi sepenuhnya. Distorsi sebenarnya dari struktur yang dilas sulit dilakukan memprediksi karena kurangnya pengetahuan tentang tingkat pengekanan. Namun diketahui bahwa penyusutan pada las butt terutama terjadi sepanjang waktu sepanjang lasan, dan pada tingkat lebih rendah melintasinya. Jika pengekanan tinggi disediakan dalam upaya untuk mengendalikan distorsi struktur akan mengandung tinggi tegangan sisa, yang harus dihindari.



Gambar 21. Distorsi pada Pengelasan
(Sumber : Eyres,2001)

Untuk meminimalkan distorsi dalam pengelasan manual, 'backstep' dan Metode pengelasan 'wandering' sering digunakan, panjang setiap langkahnya menjadi jumlah logam las yang diletakkan oleh elektroda agar sesuai penampang las yang diperlukan. Untuk mengurangi distorsi dan membatasi tegangan sisa pada struktur tersebut Penting bahwa urutan pengelasan yang benar harus digunakan secara keseluruhan konstruksi. Hal ini berlaku baik selama fabrikasi unit maupun pada saat ereksi.

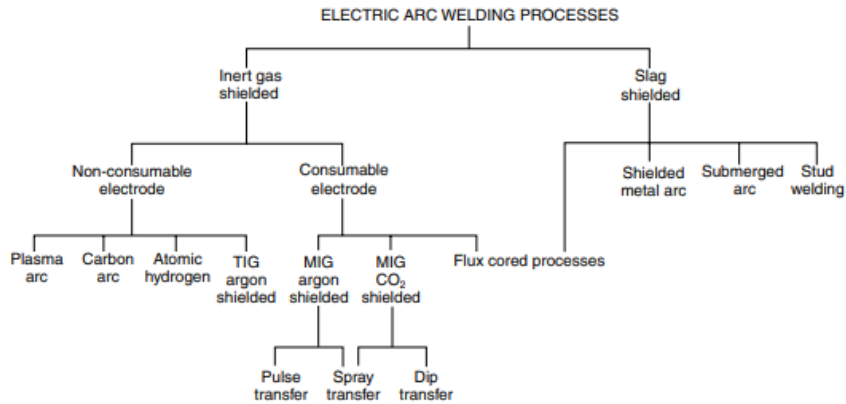


Gambar 22. Metode Backstep dan Wandering pada Pengelasan
(Sumber : Eyres,2001)

1.5.2 Electric Arc Welding



Las busur listrik adalah kawat atau elektroda dihubungkan ke k dengan kabel balik ke pelat ke dilas. Jika elektroda dikontakkan akan terjadi listrikarus mengalir pada rangkaian tersebut. Dengan alam jarak dekat pelat, sehingga arus listrik mampu melompati terciptalah busur listrik bertemperatur tinggi. Ini akan melelehkan elektroda jika ini adalah jenis yang dapat dikonsumsi.



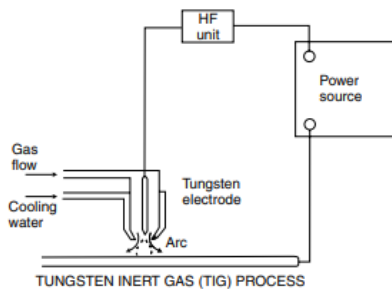
Gambar 23. Electric Arc Welding Processes
(Sumber : Eyres,2001)

1.5.3 Gas Shielded Arc Welding

Penerapan pengelasan kawat dengan pelindung gas dikembangkan pada tahun 1960an, dan dengan cepat diadopsi untuk pengelasan struktur baja ringan di galangan kapal, serta untuk pengelasan paduan aluminium. Proses berpelindung gas pada dasarnya merupakan suatu bersifat otomatis atau semi otomatis.

A. Tungsten Inert Gas (TIG) Welding

Pada proses pengelasan TIG, busurnya adalah ditarik antara elektroda tungsten non-konsumsi berpendingin air dan plat (seperti pada gambar berikut). Pelindung gas inert disediakan untuk melindungi logam las dari atmosfer, dan logam pengisi dapat ditambahkan ke kolam las sebagai diperlukan. Pengapian busur diperoleh melalui pelepasan muatan frekuensi tinggi melintasi celah karena tidak disarankan untuk menimbulkan busur pada pelat. dengan elektroda tungsten. Biasanya di Inggris perisai gas inert digunakan untuk pengelasan aluminium dan baja adalah argon. Hanya ketebalan pelatnya yang lebih sedikit dari 6 mm biasanya akan dilas dengan proses ini, dan khususnya lembaran alu minium, diperlukan operator yang terampil untuk pekerjaan manual. Ini mungkin juga disebut sebagai pengelasan TAGS, yaitu pengelasan berpelindung gas busur tungsten. (Eyres,2001).

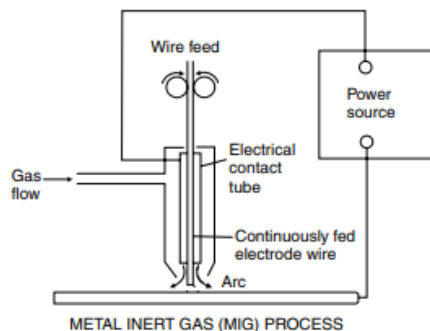


Tungsten Inert Gas (TIG) Welding

1)

B. Metal Inert Gas (MIG) Welding

Pengelasan Metal Inert Gas (MIG) Ini sebenarnya merupakan perpanjangan dari pengelasan TIG, elektroda dalam proses ini menjadi kawat logam habis pakai.



Gambar 25. Proses *Metal Inert Gas* (MIG) Welding
(Sumber : Eyres,2001)

Pada dasarnya prosesnya seperti diilustrasikan pada Gambar di atas, motor umpan kawat memasok kawat melalui rol pemandu melalui tabung kontak di obor ke busur. Gas inert disuplai ke obor untuk melindungi busur, dan listrik sambungan dibuat ke tabung kontak dan benda kerja. Pengelasan hampir selesai selalu dilakukan dengan sumber DC dan elektroda positif untuk logam biasa transfer, dan saat mengelas aluminium untuk menghilangkan film oksida dengan aksi katoda busur. Meskipun prosesnya mungkin sepenuhnya otomatis, semi-otomatis proses seperti yang diilustrasikan dengan pistol tangan sekarang lebih banyak digunakan, dan masih banyak digunakan sangat cocok dalam banyak kasus untuk penerapan pada pekerjaan galangan kapal. Awalnya aluminium menyumbang sebagian besar pengelasan MIG, dengan argon digunakan sebagai gas pelindung inert.

1.5.4 Elektroda Las

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

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

1 = Elektroda dapat digunakan untuk semua posisi (E xx1x).



2 = Elektroda dapat digunakan untuk posisi di bawah tangan (E xx2x).

3 = Elektroda dapat digunakan untuk posisi di bawah tangan saja (E xx3x).

4 = Elektroda dapat digunakan untuk semua posisi kecuali arah turun (E xx4x).

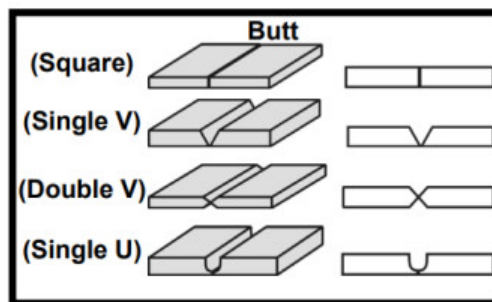
Digit terakhir (keempat atau kelima) menunjukkan jenis arus dan tipe salutan. Digit tersebut mulai dari 0 sampai 8 yang menunjukkan tipe arus dan polaritas.

Efisiensi pemakaian elektroda dapat dipengaruhi oleh jenis pengelasan dan elektroda yang digunakan. Menurut Anette (2004) dalam *Welding Handbook Ninth Edition Volume 2 Welding Processes*, sub bab *Economics of weld, deposition efficiency* pada jenis pengelasan GMAW untuk semua jenis material adalah 0,9.

1.5.5 Sambungan Pengelasan

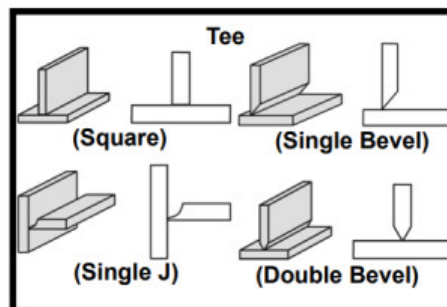
Pembuatan struktur las meliputi proses pemotongan material sesuai ukuran, melengkungkannya, dan menyambungannya satu sama lain. Tiap tiap daerah yang disambung disebut "sambungan" (Sunaryo, 2008).

Adapun tipe sambungan pengelasan dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 26. *Butt Joint Weld*

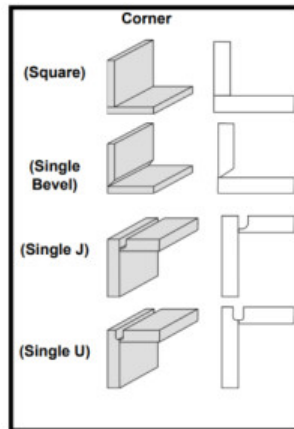
(Sumber : *Welder's Visual Inspection Handbook*)



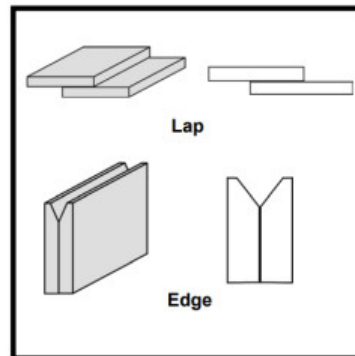
Gambar 27. *Tee/Flare Joint Weld*

(Sumber : *Welder's Visual Inspection Handbook*)





Gambar 28. Corner Joint Weld
(Sumber : *Welder's Visual Inspection Handbook*)



Gambar 29. Lap and Edge Joint Weld
(Sumber : *Welder's Visual Inspection Handbook*)

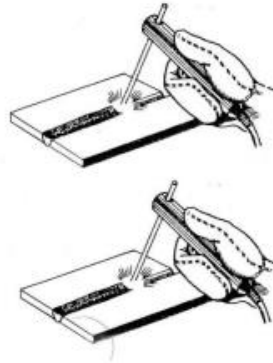
1.5.6 Posisi Pengelasan

Menurut Tarkono.dkk (2010), Posisi pengelasan dapat mempengaruhi sifat dan kualitas dari hasil pengelasan. Posisi pengelasan yaitu pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Ada 4 (empat) posisi pengelasan pada las busur listrik yaitu posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*), posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*), posisi pengelasan tegak (*vertical position*) dan posisi pengelasan di atas kepala (*over head position*).

1) Posisi Pengelasan di bawah tangan (*Down Hand Position*)



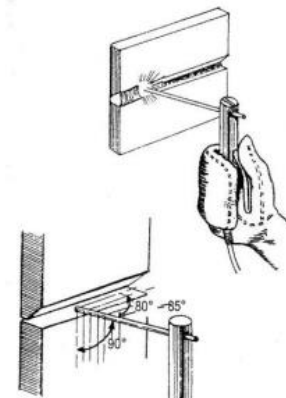
Posisi pengelasan ini adalah posisi yang paling mudah dilakukan. Digunakan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan yaitu letak elektroda berada di atas benda kerja.



Gambar 30. Down Hand Position
(Sumber : Tarkono.dkk, 2010)

2) Posisi pengelasan mendatar (*Horizontal Position*)

Mengelas dengan posisi mendatar merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar/horizontal. Pada posisi pengelasan ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan, karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit dari arah elektroda las. Pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda-benda yang berdiri. Misalnya pengelasan badan kapal laut arah horizontal

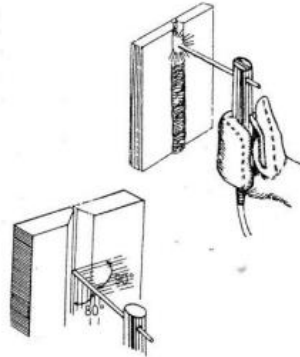


Gambar 31. Horizontal Position
(Sumber : Tarkono.dkk, 2010)

3) Posisi pengelasan tegak (*Vertical Position*)



Mengelas dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya adalah garis tegak/vertikal. Seperti pada horizontal position pada gambar 30, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun. Misalnya pengelasan badan kapal laut arah vertikal.

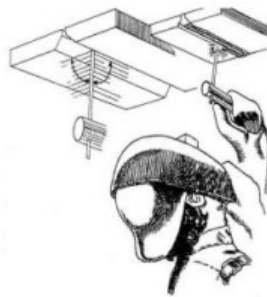


Gambar 32. *Vertical Position*

(Sumber : Tarkono.dkk, 2010)

4) Posisi pengelasan di atas kepala (*Over Head Position*)

Benda kerja terletak di atas kepala welder, sehingga pengelasan dilakukan di atas kepala operator atau welder. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan posisi-posisi pengelasan yang lain. Posisi pengelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau agak miring tetapi posisinya berada di atas kepala, yaitu letak elektroda berada di bawah benda kerja. Misalnya pengelasan atap gudang bagian dalam.

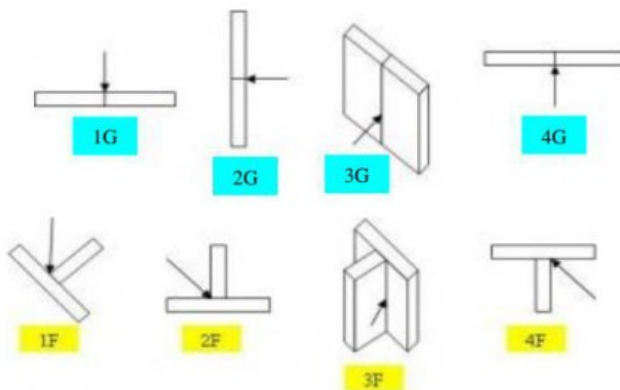


Gambar 33. *Over Head Position*

(Sumber : Tarkono.dkk, 2010)

Penempatan benda kerja disesuaikan dengan permintaan, dalam hal ini adalah menyesuaikan posisi pengelasan. Contoh posisi-posisi pengelasan seperti gambar berikut:





Gambar 34. Posisi Pengelasan berdasarkan Tipe Sambungan
(Sumber : Tarkono.dkk, 2010)

1.6 Produktifitas Kerja

Menurut Ervianto W.I (2005) produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara output dengan input, atau rasio antara hasil produktivitas dengan total sumber daya yang digunakan. Dalam proyek konstruksi, rasio produktivitas adalah nilai yang diukur selama proses konstruksi, dapat dipisahkan menjadi biaya tukang, material dan alat.

Produktivitas dapat dievaluasi dalam kaitannya dengan output seorang tenaga kerja dalam periode waktu tertentu. Biasanya, produktivitas pekerja tertentu akan dinilai relative terhadap rata-rata tenaga kerja yang melakukan pekerjaan serupa. Itu juga dapat dinilai sesuai dengan jumlah unit produk atau layanan yang ditangani tenaga kerja dalam kerangka waktu yang ditentukan. Karena keberhasilan suatu organisasi sangat bergantung pada produktivitas tenaga kerjanya, oleh karena itu produktivitas tenaga kerja menjadi tujuan penting bagi bisnis (Sharma dan Sharma, 2014).

Menurut Malthis dan Jackson, (2009) produktivitas kerja adalah ukuran dari kuantitas dan kualitas dari pekerja yang telah dikerjakan dengan mempertimbangkan biaya sumber daya yang digunakan untuk mengerjakan pekerjaan tersebut. Kemudian menurut Rivai, (2010) menyatakan bahwa Produktivitas tidak hanya mencakup aspek-aspek ekonomi, tetapi juga berkaitan dengan aspek non ekonomi, misalnya manajemen dan organisasi, masalah mutu kerja, motivasi, inisiatif dan lain sebagainya. Produktivitas kerja adalah suatu ukuran perbandingan kualitas dan kuantitas dari seorang tenaga kerja dalam satuan waktu untuk mencapai hasil atau prestasi kerja secara efektif dan efisien dengan sumber daya yang digunakan. Produktifitas kerja secara umum diformulasikan sebagai berikut :



$$= \frac{\text{Output}}{\text{Input}}$$

(Persamaan 1)

ntian ini sebagai berikut :

1. Menentukan beban kerja pengelasan pada perakitan blok lambung kapal alumunium.
2. Menentukan kebutuhan elektroda pada perakitan blok lambung kapal alumunium.
3. Menentukan produktifitas juru las dan waktu pengelasan yang diperlukan pada perakitan blok lambung kapal alumunium.

1.8 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut :

1. Hasil penelitian dapat menjadi acuan dalam penentuan beban kerja pengelasan pada perakitan lambung kapal.
2. Hasil penelitian dapat menjadi acuan dalam penentuan kebutuhan elektroda pada perakitan lambung kapal.
3. Menentukan produktifitas juru las dan waktu pengelasan yang diperlukan pada perakitan blok lambung kapal alumunium.



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Perancangan metode penelitian dimaksudkan untuk menjawab rumusan masalah yang bertujuan untuk mencapai tujuan penelitian. Metode penelitian dengan studi kasus pada KCB-42 m (Kapal Aluminium Crew Boat 42m) dilakukan untuk mempelajari tentang pembagian elemen konstruksi untuk mengetahui beban kerja pengelasan selanjutnya, dilakukan analisis terkait produktifitas juru las sebagai acuan penentuan kebutuhan elektroda. Berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan, berikut ini merupakan perancangan metodologi penelitian :

2.1.1 Identifikasi dan Pengumpulan Data Penelitian

Identifikasi dan pengumpulan data dilakukan sebagai berikut :

- a) Teknik observasi, yaitu pengamatan dan pengumpulan data dengan mengukur serta mempelajari sikap atau perilaku objek penelitian
- b) Teknik dokumen, yaitu melakukan pengumpulan dokumen dari objek penelitian berupa gambar.

Adapun jenis data yang diperoleh dari teknik pengumpulan sebagaimana disebutkan diatas, sebagai berikut :

- a) Data primer, yaitu data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti melalui observasi, wawancara pribadi, atau eksperimen. Data primer pada penelitian ini adalah pengukuran hasil pengelasan juru las sebagai acuan untuk menentukan tingkat produktifitas.



Gambar 35. Pengukuran Data Produktifitas Juru Las

(Sumber: PT Kim Seah)

- b) Data sekunder, yaitu data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara (diperoleh dan dicatat oleh pihak lain). Data sekunder pada penelitian ini adalah WPS (*Welding Procedur Specification*), *Construction and Assembly Drawing*, *weld arrangement*, *weld detail booklet* 2 m.



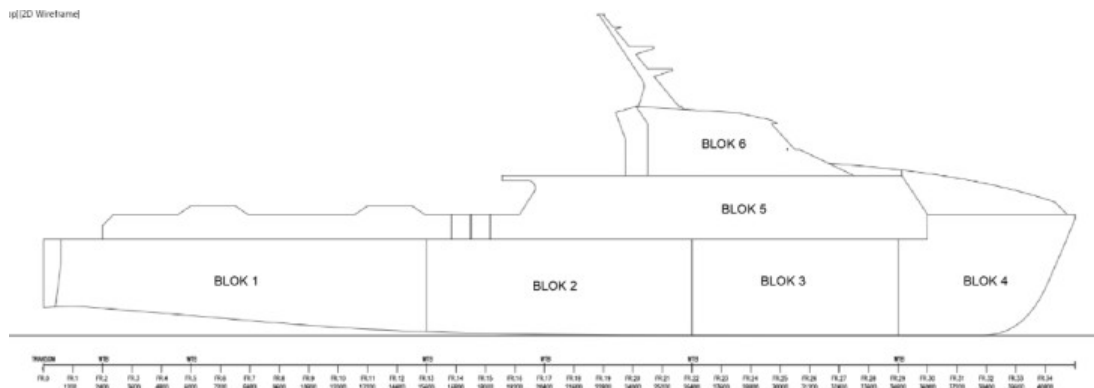
and Block Kapal Aluminium Crew Boat 42m

mes;1980), tujuan utama pembagian bangunan kapal menjadi alah mengurangi waktu kerja perakitan lambung kapal. Dengan njadi beberapa blok (*Grand Block*), maka banyak perakitan

konstruksi yang dapat dikerjakan secara bersamaan (paralel). Penentuan *Grand Block* pada pembangunan kapal harus dipertimbangkan faktor berikut :

- Penentuan jumlah dan ukuran blok harus sesuai dengan daya tampung *building berth* galangan kapal
- Dimensi dan berat blok harus sesuai dengan kapasitas alat angkat (*crane*) galangan kapal.

Objek penelitian ini adalah lambung kapal berdasarkan gambar *Grand Block* KCB-42 m (Gambar 37).



Gambar 36. *Grand Block Division* KCB-42 m

(Sumber: PT Kim Seah)

Berdasarkan gambar *Grand Block Division*, dipilih *Block Mid Body* (Blok 2 dan 3) yang terbentang mulai dari *Watertight Bulkhead* di *Forward Tank Room* (Frame 13) hingga *Collission Bulkhead* (Frame 30).

2.1.3 Pemodelan 3D Blok *Mid Body*

Desain 3D *Block Mid Body* KCB-42 m didesain menggunakan Rhinoceros 7 by Robert McNeel & Associates agar lebih mudah dalam melihat bentuk dan karakteristik blok lambung kapal.. Mendesain blok kapal dengan berpatokan pada data-data kapal yang telah dipersiapkan sebelumnya sehingga akan didapatkan desain blok yang sesuai dengan objek penelitian.

2.1.4 Identifikasi Elemen Konstruksi

Setelah mengidentifikasi *Block Mid Body* KCB-42 m, langkah selanjutnya adalah melakukan PWBS (*Product Work Breakdown Structure*) elemen konstruksi berdasarkan *construction drawing* dan *assembly drawing*. *Block Mid Body* terbagi atas empat (4) *sub block*, sebagai berikut :



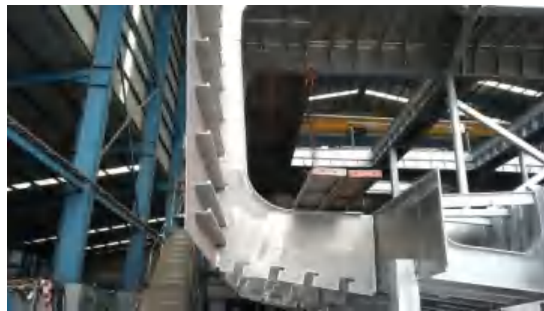
ottom, yang terdiri atas *center girder*, *longitudinal stiffener* (*side ng* (*floor*), *inner bottom plat*, dan *bottom plat*.



Gambar 37. *Sub block bottom*

(Sumber: PT Kim Seah)

- 2) *Sub block side shell*, yang terdiri atas *frame*, *longitudinal stiffener (side stringer)*, dan *side shell plat*.



Gambar 38. *Sub Block Side Shell*

(Sumber: PT Kim Seah)

- 3) *Sub block deck*, yang terdiri atas *transversal deck beam*, *longitudinal deck girder*, dan *deck plat*.



Gambar 39. *Sub Block Deck*



ah)
bulkhead, yang terdiri atas *bulkhead plat*, dan *stiffener*.

beban Kerja Pengelasan

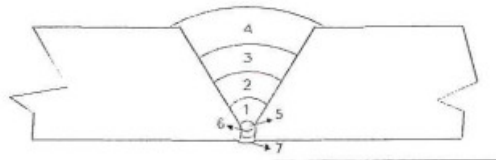
langkah perhitungan beban kerja pengelasan sebagai berikut

langkah perhitungan pengelasan

Identifikasi pada *Block Mid Body* KCB-42 m. jenis sambungan pengelasan selanjutnya ditabulasi berdasarkan ketebalan plat dan profil. Berdasarkan gambar konstruksi pada *Block Mid Body*, *Weld Detail Booklet* dan WPS (*Welding Procedure Specification*). Kedua dokumen tersebut digunakan untuk mengidentifikasi aturan serta perlakuan pengelasan berdasarkan tipe sambungan. Sambungan-sambungan pengelasan ini antara lain *butt joint*, *fillet join*, maupun *corner joint*.

a) Pada *butt joint*, terdapat beberapa layer atau pass yang perlu diperhatikan terkait lapisan pengelasan yan terdiri atas :

- Root Pass (1)
- Hot pass (2)
- Fill pass (3)
- Cover Pass (4)

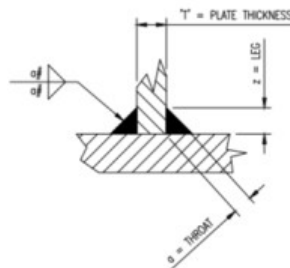


Gambar 40. Butt Joint Single V

(Sumber: *Weld Detail Booklet*, PT Kim Seah)

b) *Fillet joint* :

- Leg
- Throat



Gambar 41. Fillet joint

(Sumber: *Weld Detail Booklet*, PT Kim Seah)

2) Penentuan panjang pengelasan

Panjang pengelasan ditentukan berdasarkan *Weld Detail Booklet* dan WPS (*Welding Procedure Specification*). Terdapat dua (2) jenis sambungan yang memengaruhi panjang pengelasan, yaitu :



Weld merupakan jenis pengelasan pada konstruksi kapal, *butt joint* dengan melakukan pengelasan di sisi kiri dan kanan



Gambar 42. *Continious Weld*

(Sumber: *Weld Detail Booklet*, PT Kim Seah)

- b) *Intermittend Weld*, yaitu jenis pengelasan putus-putus yang berada pada kedua sisi sambungan las tetapi saling mengimbangi.



Gambar 43. *Intermittend Weld*,

(Sumber: *Weld Detail Booklet*, PT Kim Seah)

- 3) Perhitungan beban kerja pengelasan

Perhitungan beban kerja pengelasan merupakan akumulasi volume kumpuh las sebagai acuan untuk mengidentifikasi posisi-posisi pengelasan dan bobot kerja pengelasan pada setiap bagian sub blok ataupun panel. Volume kumpuh pengelasan dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$V \text{ (mm}^3\text{)} = \text{Panjang Las(mm)} \times \text{Luas Kumpuh (mm}^2\text{)} \quad \text{(Persamaan 2)}$$

Setelah perhitungan volume kumpuh las, selanjutnya menghitung berat kebutuhan elektroda dengan persamaan berikut :

$$\text{Berat (kg)} = \text{Volume kumpuh (m}^3\text{)} \times \text{Massa jenis (Ton/m}^3\text{)} \quad \text{(Persamaan 3)}$$

2.1.6 Penentuan Kebutuhan Elektroda

Langkah selanjutnya setelah mengklasifikasikan jenis sambungan pengelasan adalah melakukan perhitungan kebutuhan elektroda pengelasan. Kebutuhan elektroda dapat diketahui dengan melakukan perhitungan secara empiris pada volume kumpuh dan jenis elektroda dengan berbagai jenis sambungan. Volume elektroda ditentukan secara empiris sebagai berikut.

$$\text{(Persamaan 4)}$$



l_1 = Panjang Pengelasan

A_1 = Luas penampang kampuh las

$$V_2 = l_2 \times A_2 / \eta \quad \text{(Persamaan 5)}$$

Keterangan :

V_2 = Volume kawat las terpakai

l_2 = Panjang kawat las

A_2 = Luas penampang kawat las

η = Efisiensi kawat las

Sehingga, panjang kawat las dapat diperoleh dengan rumus :

$$V_1 = V_2$$

$$l_2 = \frac{l_1 \times A_1}{A_2 / \eta}$$

2.1.7 Penentuan Berat Konstruksi

Jumlah elemen konstruksi selanjutnya menjadi acuan untuk menghitung berat tiap elemen konstruksi dan kebutuhan elektroda dengan menggunakan rumus :

$$\text{Berat Komponen (Kg)} = \text{Volume Komponen (m}^3\text{)} \times \text{Massa Jenis (Ton/m}^3\text{)}$$

Perhitungan berat konstruksi dilakukan pada setiap komponen *sub block*, sehingga berat total *block* dapat diperoleh. Secara berturut-turut, perhitungan berat *block* sebagai berikut :

- 1) Berat komponen.
- 2) Berat *sub block*
- 3) Berat *block*
- 4) Berat elektroda terpasang

2.1.8 Penentuan Tingkat Produktifitas Juru Las

Survey data produktifitas juru las dilakukan dengan melakukan pengolahan data terhadap survei yang telah dilakukan selama 21 hari pada pekerjaan konstruksi KCB-42 m. Terdapat sepuluh (10) orang juru las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) yang menjadi objek penelitian dengan berbagai jenis sambungan dan posisi pengelasan. Sepuluh (10) juru las tersebut, yaitu Marjuki Tambunan, Saptu Mahdani Putra, Waamin, M Nur Rokhim, Syahputra, Dzulqarnain, Cahyo Joko N, Novri Rifandi, Aden ihri.



peroleh panjang kawat las terpakai, dapat diketahui pemakaian elektroda per detik untuk setiap juru las. Tingkat produktifitas ini diukur dengan satuan waktu busur (*arc time*) dengan rumus

$$\text{Produktifitas juru las} = \frac{\text{Panjang Elektroda terpakai (m)}}{\text{Waktu (s)}} \quad \text{(Persamaan 6)}$$

2.2 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di PT Kim Seah Shipyard Indonesia , Kota Batam, Kepulauan Riau dan Labo Rancang Bangun Kapal, Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Pengambilan data terkait kinerja juru las telah dilakukan selama 21 hari di Bulan Desember 2023.



2.3 Kerangka Pikir

