



TUGAS AKHIR - MN 184802

**ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS KONVERSI DOK APUNG
*SINGLE PONTOON MENJADI MULTI PONTOON***

**Moch. Iqbal Firdausi
NRP 0411154000018**

**Dosen Pembimbing
Ir. Triwilaswandio Wuruk P, M.Sc.
Ir. Budie Santosa, M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



TUGAS AKHIR - MN 184802

**ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS KONVERSI DOK APUNG
*SINGLE PONTOON MENJADI MULTI PONTOON***

**Moch. Iqbal Firdausi
NRP 0411154000018**

**Dosen Pembimbing
Ir. Triwilaswandio Wuruk P, M.Sc.
Ir. Budie Santosa, M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



FINAL PROJECT - MN 184802

**TECHNICAL AND ECONOMICAL ANALYTIC CONVERSION
SINGLE PONTOON FLOATING DOCK BECOME MULTY
PONTOON FLOATING DOCK**

**Moch. Iqbal Firdausi
NRP 04111540000018**

**Supervisor
Ir. Triwilaswandio Wuruk P, M.Sc.
Ir. Budie Santosa, M.T.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS KONVERSI DOK APUNG *SINGLE PONTOON* MENJADI *MULTI PONTOON*

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MOCH. IQBAL FIRDAUSI
NRP 0411154000018

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing II

Ir. Triwilaswandio Wuruk P., M.Sc.

NIP 19610914 198701 1 001

Dosen Pembimbing II

Ir. Budie Santosa, M.T.

NIP 19900402 197803 1 002

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan

Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, JULI 2019

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS KONVERSI DOK APUNG SINGLE PONTOON MENJADI MULTI PONTOON

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 03 Juli 2019

Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MOCH. IQBAL FIRDAUSI
NRP 0411154000018

Disetujui Oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.



2. Dr. Ir. Heri Supomo, M.Sc.



3. M. Sholikhhan Arif, S.T., M.T.



4. Sufian Imam Wahidi, S.T., M.Sc.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Ir. Triwilaswadio Wuruk Pribadi, M.Sc.



2. Ir. Budie Santosa, M.T.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, atas limpahan Rahmat dan Karunia-Nya, sehingga penulis dapat merampungkan tugas akhir dengan judul: Analisa Teknis dan Ekonomis Konversi Dok Apung *Single Pontoon* menjadi *Multi Pontoon* Ini untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan studi serta dalam rangka memperoleh gelar Sarjana Teknik Strata Satu pada Program Studi *Naval Architecture* Fakultas Teknologi Kelautan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penghargaan dan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada Ayahanda tercinta Jupriadi dan Ibunda yang kusayangi Sukriyatul yang telah mencurahkan segenap cinta dan kasih sayang serta perhatian moril maupun material. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan Rahmat, Kesehatan, Karunia dan keberkahan di dunia dan di akhirat atas budi baik yang telah diberikan kepada penulis.

Penghargaan dan terima kasih penulis berikan kepada Bapak Ir. Triwilaswandio Wuruk P., M.Sc. selaku Pembimbing I dan Bapak Ir. Budie Santosa, M.T. selaku Pembimbing II yang telah membantu penulisan skripsi ini. Serta ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr.Ir. Heri Supomo M.Sc. selaku salah satu dosen senior dari Rumpun Mata Kuliah Produksi dan Manajemen Perkapalan
2. Ibu Sri Rejeki, Pak Solikhan, Pak Sufian, dan juga Pak Imam Baihaqi selaku dosen-dosen dari Rumpun Mata Kuliah Produksi dan Manajemen yang membantu dan memberi dukungan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
3. Teman-teman Kontrakan E-19 yang sudah menemani kehidupan perkuliahan penulis selama berada di Institut Teknologi Sepuluh Nopember
4. Sahabat-sahabat penulis, THE GAMBLIS yang telah memberi banyak dukungan moral dan berbagi cerita kehidupan. Terima kasih kawan.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Amiin

Surabaya, 19 Juni 2019

Moch. Iqbal Firdausi

ANALISA TEKNIS DAN EKONOMIS KONVERSI DOK APUNG *SINGLE PONTOON* MENJADI *MULTI PONTOON*

Nama Mahasiswa : Moch. Iqbal Firdausi
NRP : 0411154000018
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Triwilaswandio Wuruk Pribadi, M.Sc.
2. Ir. Budie Santosa, M.T.

ABSTRAK

Konversi dok apung dari *single pontoon* menjadi *multi pontoon* merupakan salah satu alternatif yang dapat menjadi opsi pilihan galangan untuk mengubah kinerja fasilitas yang dimiliki sehingga lebih menguntungkan. Tujuan dari tugas akhir ini adalah untuk menganalisa secara teknis dan secara ekonomis perihal konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon*. Analisa pertama seputar kekuatan memanjang dok apung setelah konversi, diperoleh dari hasil perhitungan menggunakan *FEA software* besarnya tegangan pada dok apung setelah konversi sebesar 14,635 Mpa lebih kecil dari tegangan ijin sebesar 160 Mpa sehingga dari segi kekuatan memanjang dok apung masih memenuhi. Analisa selanjutnya adalah kemampuan pompa setelah konversi masih mempunyai kemampuan pengisian *ballast* yang sama yakni selama 54,16 menit yang berubah hanya letak pompa nya. Analisa selanjutnya adalah mengenai penurunan TLC, penurunan TLC dapat diketahui dengan perbedaan sarat yang terjadi pada dok apung, setelah dok apung dikonversi dengan menggunakan TLC yang sama sarat kerjanya berubah dari 2,07 m menjadi 2,11 m, kemudian pengecekan freeboard dok apung dilakukan untuk mengetahui apakah sarat tersebut masih memenuhi, ketinggian freeboard >300 sehingga dok apung masih mampu bekerja pada TLC yang sama. Pada tahap produksi, dilakukan dalam 4 tahap yang pekerjaannya dibedakan hanya dari urutan *pontoon* yang dikerjakan untuk proses kerjanya sama dimulai dari pembuatan akses pada *pontoon*, pemasangan sekat dan penguat tambahan, pelepasan *pontoon*, pembongkaran dan pemasangan pompa, dan terakhir penyambungan kembali dengan *sidewall*. Analisa mengenai biaya konversi didapat bahwa biaya untuk melakukan konversi sebesar Rp20.051.463.949, pada analisa ekonomis yang dilakukan didapat pula penghematan atau *saving* biaya untuk biaya reparasi dok apung yang awalnya sebesar Rp6.559.475.128 menjadi sebesar Rp4.143.346.112 selain itu pada dok apung *multi pontoon* saat salah satu *pontoon* direparasi sisa *pontoon* masih bisa digunakan dan mendapat *income* sebesar Rp3.292.265.120 sehingga total biaya reparasi untuk dok apung *multi pontoon* sebesar Rp851.080.992. *saving* sebesar Rp5.708.394.136 digunakan untuk melunasi biaya investasi maka dalam 4 kali reparasi total biaya konversi sudah dapat dilunasi.

Kata Kunci - *single pontoon*, dok apung, *multi pontoon*, konversi,

ABSTRACT

The conversion of floating docks from single pontoon to multi pontoon is one alternative that can be a choice of shipyard options to change the performance of the facilities owned so it is more profitable. The purpose of this thesis is to analyze technically and economically the conversion of a floating pontoon floating dock to a multi pontoon. The first analysis about the strength of the floating dock after the conversion, obtained from the calculation using the FEA software the amount of stress on the floating dock after the conversion of 14,635 MPa is smaller than the permit stress of 160 MPa so that in terms of the strength of the floating dock the strength is still fulfilling. The next analysis is the ability of the pump after conversion still has the same ballast filling capability, which is 54.16 minutes, which changes only the location of the pump. The next analysis is about the reduction of TLC, the decrease in TLC can be determined by the difference in the load that occurs in the floating dock, after the floating dock is converted using the same TLC the draft changes from 2.07 m to 2.11 m, then checking the floating dock freeboard is done to find out if the ladder is still full, freeboard height > 300 so that the floating dock is still able to work on the same TLC. At the production stage, it is carried out in 4 stages, the work of which is distinguished only from the sequence of pontoons that are carried out for the same work process, starting from making access to the pontoon, installing the bulkhead and additional reinforcement, removing the pontoon, dismantling and installing the pump, and finally reconnecting with the sidewall. Analysis of the conversion costs found that the cost to do the conversion of Rp20,051,463,949, the economic analysis carried out also obtained savings or cost savings for the cost of floating dock repairs which initially amounted to Rp6,559,475,128 to Rp4,143,346,112 in addition to that in a multi-pontoon floating dock when one pontoon is repaired the rest of the pontoon can still be used and get an income of Rp3,292,265,120 so that the total cost of repairs for a multi-pontoon floating dock is Rp851,080,992. saving amounting to Rp5,708,394,136 is used to pay off investment costs, in 4 repairs the total conversion costs can be repaid.

Key Words - *single pontoon, floating dock, multi pontoon, conversion* -

DAFTAR ISI

1.1.	Latar Belakang Masalah.....	1
1.2.	Perumusan Masalah.....	2
1.3.	Tujuan.....	2
1.4.	Batasan Masalah.....	2
1.5.	Manfaat.....	3
1.6.	Hipotesis.....	3
2.1.	Dok Apung (<i>Floating Dock</i>)	5
2.2.	Kekuatan Memanjang Kapal.....	7
2.2.1.	<i>Bending Stress</i>	8
2.2.2.	Penyebaran Memanjang Gaya Berat	8
2.2.3.	Penyebaran Beban Muatan pada Dok Apung.....	10
2.2.4.	Penyebaran Memanjang Gaya Angkat	10
2.2.5.	Perhitungan Kekuatan Memanjang	11
2.3.	Metode Elemen Hingga.....	12
2.3.1.	Pengertian	12
2.3.2.	Static Analysis	12
2.3.3.	Langkah Metode Elemen Hingga.....	13
2.4.	Konversi Dok Apung <i>Multi Pontoon</i>	14
2.4.1.	Ukuran Utama Dok Apung.....	14
2.4.2.	Komponen Berat Dok Apung.....	15
2.4.3.	Tahapan Proses Produksi Dok Apung.....	16
2.5.	Tinjauan Ekonomis	19
2.5.1.	Pengertian Biaya.....	19
2.5.2.	Penggolongan Biaya.....	20
3.1.	Tahapan Penelitian Tugas Akhir.....	23
3.1.1.	Taha Identifikasi Masalah	23
3.1.2.	Perumusan Masalah dan Tujuan.....	23
3.1.3.	Tahap Studi Literatur.....	23
3.1.4.	Tahap Studi Lapangan	24
3.1.5.	Tahap Pengumpulan Data.....	24
3.1.6.	Tahap Konversi Dok Apung <i>Single Pontoon</i>	24
3.1.7.	Tahap Analisis Teknis	25
3.1.8.	Tahap Analisis Ekonomis.....	25
3.2.	Tahap Kesimpulan dan Saran.....	25
3.3.	Diagram Alur Pikir.....	26
4.1.	<i>Principal Dimension</i> (Ukuran utama dok apung)	29
4.2.	Desain Awal	30
4.2.1.	<i>General Arrangement</i>	30
4.2.2.	<i>Midship Section</i>	33
4.2.3.	<i>Pipe Lines</i>	35
4.3.	Kondisi <i>Pontoon</i>	35
5.1.	Metode Konversi	39
5.1.1.	Analisis Keuntungan dan Kerugian Alternatif Produksi	42

5.1.2.	Penilaian Metode Konversi Kualitatif.....	43
5.1.3.	Penilaian Metode Konversi Kuantitatif.....	45
5.2.	Pengurangan <i>Ton Lifting Capacity</i> (TLC).....	47
5.3.	Kemampuan <i>Self-Repair</i> Dok Apung.....	49
5.4.	Penentuan Sistem Pipa dan Pompa Setelah Konversi	51
5.4.1.	Sistem Pompa.....	51
5.4.2.	Sistem Pipa.....	55
5.5.	Penentuan Ukuran Konstruksi Tambahan	56
5.5.1.	Penentuan Tebal <i>Watertight Bulkhead</i>	56
5.5.2.	Penentuan <i>stiffners</i> dari sekat.....	57
5.6.	Perhitungan Besar Penambahan dan Pengurangan Konstruksi	57
5.7.	Perhitungan Kekuatan Memanjang Dok Apung.....	59
5.7.1.	Permodelan.....	59
5.7.2.	<i>Meshing</i>	63
5.7.3.	Kondisi Batas	64
5.7.4.	Pembebanan	65
5.7.5.	Kondisi Pembebanan.....	69
5.7.6.	Perhitungan beban.....	70
5.7.7.	Hasil Pengujian	71
5.8.	<i>Stability</i>	73
5.9.	Desain Sambungan <i>Pontoon</i> dengan <i>Sidewall</i>	77
5.9.1.	<i>Bolt Loads Calculation</i>	77
5.9.2.	<i>Connecting Element Calculation</i>	78
5.9.3.	<i>Design Tension</i>	78
5.9.4.	<i>Design Shear</i>	79
5.9.5.	<i>Bolting arrangement</i>	80
5.10.	Proses Konversi <i>Multi Pontoon</i>	82
5.10.1.	Tahap Persiapan (<i>Preparation</i>)	83
5.10.2.	Tahap Fabrikasi (<i>Fabrication</i>)	83
5.10.3.	Tahap <i>Sub-Assembly</i>	84
5.10.4.	Tahap <i>Assembly</i>	85
6.1.	Tinjauan Umum Fasilitas Galangan	87
6.2.	Proses Pembangunan Dok Apung <i>Multi Pontoon</i>	88
6.2.1.	Tahap 1.....	89
6.2.2.	Tahap 2.....	95
6.2.3.	Tahap 3.....	99
6.2.4.	Tahap 4.....	103
6.3.	Analisis Ekonomis	106
6.3.1.	Biaya Konversi Dok Apung.....	106
6.3.2.	Perbandingan Biaya	114
7.1.	Kesimpulan.....	121
7.2.	Saran	124

BIODATA PENULIS

Lampiran A 3D *Visualization*

Lampiran B *General Arrangement*

Lampiran C *Redraw Midship Section*

Lampiran D Letak Potongan *Sidewall*

Lampiran E Sistem Pipa dan *Valve*

Lampiran F Letak dan Posisi Beban Pengujian

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dok Apung	5
Gambar 2.2 Dok Apung dengan Seksi <i>Pontoon</i> Tunggal	6
Gambar 2.3 Dok Apung dengan 4 Seksi <i>Pontoon</i>	7
Gambar 2.4 Distribusi Berat Kapal	9
Gambar 2.5 Persebaran Beban <i>Standart Sagging Ship</i>	10
Gambar 2.6 Komponen Biaya Produksi	20
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian	27
Gambar 4.1 Hasil <i>Redraw General Arrangement</i> Dok Apung	32
Gambar 4.2 Hasil <i>Redraw Midship Section</i> (Konstruksi Kecil)	33
Gambar 4.3 Hasil <i>Redraw Midship Section</i> (Konstruksi Besar)	34
Gambar 4.4 <i>Pipe Lines in pontoon</i>	35
Gambar 4.5 Kondisi Eksisting <i>Pontoon</i>	37
Gambar 5.1 Metode Konversi 1 Dok Apung	40
Gambar 5.2 Metode Konversi 2 Dok Apung	41
Gambar 5.3 Keadaan <i>self repair</i> Dok Apung	50
Gambar 5.4 Sistem Koordinat Model	60
Gambar 5.5 Tampilan Menu Pemilihan Jenis Analisis	61
Gambar 5.6 Tampilan Menu Pemilihan Jenis Material	62
Gambar 5.7 Model Dok Apung Satu Kesatuan	63
Gambar 5.8 <i>Full Model Mesh</i>	64
Gambar 5.9 Kondisi Batas	65
Gambar 5.10 <i>Static Load Component of Floating Dock</i>	65
Gambar 5.11 Kotak Dialog Input Gravitasi	66
Gambar 5.12 Beban Tangki	67
Gambar 5.13 <i>Hydrostatic Pressure</i>	68
Gambar 5.14 <i>Grafik</i> Persebaran Beban Kapal	68
Gambar 5.15 Persebaran Beban pada <i>Keel Block</i> dan <i>Side Block</i>	69
Gambar 5.16 Tampak Melintang Pembebanan	69
Gambar 5.17 Penyusunan Seluruh Beban	71
Gambar 5.18 Hasil Pengujian (<i>Shear Stress</i> dan <i>deflection</i>)	72
Gambar 5.19 <i>Upright Dock</i>	73
Gambar 5.20 <i>Heeling Dock</i>	74
Gambar 5.21 <i>Typical Bolting</i>	78
Gambar 5.22 Sambungan <i>Bolting 1</i>	81
Gambar 5.23 Sambungan <i>Bolting 2</i>	81
Gambar 5.24 Sambungan <i>Bolting 3</i>	82
Gambar 5.25 Proses Fabrikasi	84
Gambar 5.26 Tahap <i>Sub-Assembly</i>	85
Gambar 6.1 Konstruksi Sekat Dok Apung <i>Single Pontoon</i>	89
Gambar 6.2 Tahapan Proses Pembangunan <i>multi pontoon</i> dari <i>single pontoon</i>	89
Gambar 6.3 Pemotongan <i>Pontoon Deck</i> Tahap 1	90
Gambar 6.4 Pemasangan Sekat Tahap 1	91
Gambar 6.5 Posisi Pemotongan Pada <i>Sidewall</i>	92

Gambar 6.6 Pembongkaran Pompa Kompartemen 1	93
Gambar 6.7 Penyambungan <i>pontoon</i> 1 dengan <i>sidewall</i>	94
Gambar 6.8 Pemotongan Pelat <i>Pontoon</i> Tahap 2	95
Gambar 6.9 Pemasangan Sekat pada Tahap 2	96
Gambar 6.10 Sekat Tambahan	97
Gambar 6.11 Pemasangan pompa pada <i>pontoon</i> 2	98
Gambar 6.12 Penyambungan <i>Pontoon</i> 2 dengan <i>Sidewall</i>	99
Gambar 6.13 Pemotongan Pelat <i>Pontoon</i> Tahap 3	100
Gambar 6.14 Tahap Pemasangan Sekat Tahap 3	101
Gambar 6.15 Pembongkaran Pompa Kompartemen 4.....	102
Gambar 6.16 Penyambungan <i>Pontoon</i> 4 dengan <i>Sidewall</i>	103
Gambar 6.17 Pompa dan Pipa pada <i>Pontoon</i> 4.....	104
Gambar 6.18 Penyambungan <i>Pontoon</i> 3 dengan Dok apung	105
Gambar 6.19 Dok Apung Hasil Konversi	105

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 <i>Principal Dimensions</i> Dok Apung	29
Tabel 4.2 <i>Principal Dimension Pontoon</i>	36
Tabel 5.1 Kelebihan dan Kerugian Metode Konversi 1	42
Tabel 5.2 Kelebihan dan Kerugian Metode Konversi 2	43
Tabel 5.3 Perbandingan Kualitatif Pembangunan <i>Multi Pontoon</i>	44
Tabel 5.4 Pembobotan Atribut dan Pertimbangan	44
Tabel 5.5 Total Nilai Penilaian Metode Konversi	45
Tabel 5.6 Nilai Preferensi untuk Skenario Bobot yang Bervariasi.....	45
Tabel 5.7 Waktu Pekerjaan Metode 1 di atas Dok	46
Tabel 5.8 Waktu Pekerjaan Metode 2 di atas Dok	46
Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan <i>TLC Single Pontoon</i>	48
Tabel 5.10 Rekapitulasi Perhitungan <i>TLC</i> Setelah Konversi	48
Tabel 5.11 Rekapitulasi Perhitungan <i>TLC</i> Kondisi Self Repair	50
Tabel 5.12 Volume <i>Ballast</i> Dok Apung <i>Single Pontoon</i>	52
Tabel 5.13 Spesifikasi Pompa Eksisting.....	52
Tabel 5.14 Waktu Pengisian <i>Ballast</i> Sebelum Konversi.....	52
Tabel 5.15 Kapasitas <i>Ballast Pontoon</i>	53
Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Waktu Pengisian <i>Ballast Pontoon</i> Hasil Konversi Metode 1	54
Tabel 5.17 Diameter Pipa yang Dibutuhkan	55
Tabel 5.18 Penambahan Konstruksi Dok Apung Metode 1	57
Tabel 5.19 Pengurangan Konstruksi Dok Apung Metode Konversi 1	58
Tabel 5.20 <i>Material Properties</i>	60
Tabel 5.21 Rangkuman Beban yang Bekerja	70
Tabel 5.22 <i>Stability</i> sebelum Konversi.....	75
Tabel 5.23 <i>Stability</i>	76
Tabel 5.24 <i>Connecting Plate Parameters in Tension</i>	79
Tabel 5.25 <i>Tensile Yielding</i>	79
Tabel 5.26 <i>Tensile Rupture</i>	79
Tabel 5.27 <i>Connecting plate parameters in Yielding</i>	80
Tabel 5.28 <i>Shear Yielding</i>	80
Tabel 5.29 <i>Shear Rupture</i>	80
Tabel 6.1 Potongan Pelat	108
Tabel 6.2 Data Jam Orang per-Bengkel	110
Tabel 6.3 Rekapitulasi Biaya Tenaga Kerja Langsung Metode Konversi 1	112
Tabel 6.4 Luas Area <i>Coating</i>	113
Tabel 6.5 Total Biaya Konversi Metode 1	113
Tabel 6.6 Waktu Reparasi <i>Single pontoon</i>	114
Tabel 6.7 Biaya Reparasi <i>Single Pontoon</i>	115
Tabel 6.8 Biaya Reparasi per- <i>Pontoon</i>	116
Tabel 6.9 <i>Income</i> saat dok apung <i>multi pontoon</i> di reparasi	117
Tabel 6.10 Perbandingan biaya reparasi <i>single pontoon</i> dengan <i>multi pontoon</i>	118

BAB 1.

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Industri maritim Indonesia terutama industri galangan dituntut untuk terus berkembang agar bisa tetap menjaga eksistensinya di antara para pesaing dan agar bisa mempertahankan peluang bisnis yang dimiliki. Tuntutan tersebut yang membuat beberapa galangan untuk melakukan perubahan baik dengan melakukan perbaruan fasilitas yang dimiliki, ekspansi (perluasan lahan), ataupun melengkapi fasilitas. Pada galangan kapal, fasilitas utama yang paling menunjang industrinya adalah dok. Dok tersebut dituntut untuk dapat menampung kapal dengan kapasitas yang dikehendaki dan dapat beroperasi secara optimal.

Dari berbagai macam dok yang digunakan dalam industri perkapalan salah satu yang banyak digunakan adalah dok apung. Dok apung banyak digunakan oleh galangan-galangan yang tidak memiliki lahan cukup untuk membangun *graving dock* ataupun *dry dock*. Dok apung memiliki dua jenis sesuai dengan jumlah *pontoon* yakni *single pontoon* (satu *pontoon*) dan *multi pontoon* (dua atau lebih *pontoon*). Pada kedua jenis dok apung tersebut selain perbedaan dari jumlah *pontoon* yang dimiliki juga terdapat perbedaan pada waktu *maintenance* yang dibutuhkan. Dok apung *single pontoon* pada saat melakukan proses *maintenance* maupun reparasi seluruh bagian dari dok apung harus melakukan proses *docking* sehingga dok apung benar-benar tidak dapat digunakan. Berbeda dari dok apung *single pontoon*, dok apung *multi pontoon* tidak perlu melakukan proses *docking* seluruh bagiannya apabila sedang melakukan proses *maintenance* dan reparasi, cukup dengan melakukan pelepasan bagian *pontoon* atau *pontoon section* yang perlu di *maintenance* atau direparasi. Selain itu juga pada dok apung *multi pontoon* melakukan proses *maintenance* ataupun reparasi di atas dok apung itu sendiri juga memungkinkan.

Alasan-alasan yang telah disebutkan sebelumnya membuat beberapa galangan yang memiliki dok apung *single pontoon* mulai berpikiran untuk melakukan konversi dok apung milik galangan tersebut yang awalnya berjenis *single pontoon* menjadi *multi pontoon*. Salah satu kasusnya adalah dok apung JAYAKERTA V yang memiliki panjang 100 m dengan lebar 25 m dan tinggi 10.43 m. Dok apung tersebut hendak dikonversi dari yang semula *single pontoon* menjadi *multi pontoon* dan diharapkan hasil konversi dok apung tersebut masih

memiliki *properties* yang sama dalam artian *main dimensions*-nya tidak berubah dan tidak ada pengurangan dari *Total Lifting capacity* (TLC) yang dimiliki dok apung JAYAKERTA V tersebut.

1.2. Perumusan Masalah

Masalah yang timbul dalam penelitian ini berupa pertanyaan dan harus diselesaikan, adapun pertanyaan tersebut sebagai berikut:

1. Aspek apa saja yang perlu diperhatikan dan dipenuhi dari proses konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* sehingga konversi dapat dilakukan?
2. Bagaimanakah tahap produksi dok apung *multi pontoon* dari dok apung *single pontoon*?
3. Berapa besar biaya yang dibutuhkan untuk mengubah dok apung *single pontoon* menjadi dok apung *multi pontoon*, serta keuntungan yang didapat setelah proses konversi?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

1. Menganalisa aspek yang perlu diperhatikan dan dipenuhi sehingga konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* dapat dilakukan.
2. Menganalisa tahap produksi dok apung *multi pontoon* dari dok apung *single pontoon*.
3. Menganalisa kebutuhan biaya yang diperlukan untuk mengubah dok apung *single pontoon* menjadi dok apung *multi pontoon*, dan keuntungan yang didapat dari proses konversi.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Analisa yang dilakukan sebatas analisa teknis konversi dok apung dari *single pontoon* menjadi *multi pontoon*. Mulai dari tahap persiapan, fabrikasi, *sub-assembly* dan assembly.
2. Analisa ekonomis yang dilakukan adalah sebatas perhitungan biaya konversi dok apung dari *single pontoon* menjadi *multi pontoon* yang meliputi biaya langsung yakni biaya material dan tenaga kerja dan juga perbandingan dengan biaya reparasi dok apung *single pontoon*.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Memberin tata cara teknis konversi dok apung *single pontoon* menjadi dok apung *multi pontoon*.
2. Memberikan estimasi biaya konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon*.

1.6. Hipotesis

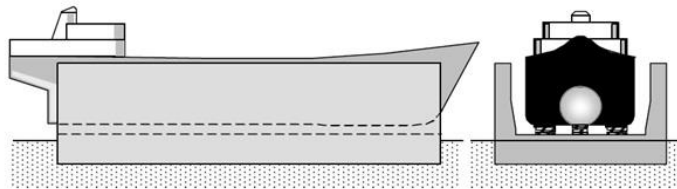
Dengan melakukan konversi dok apung dari *single pontoon* menjadi *multi pontoon* membuat dok apung memiliki kemampuan untuk *self repair*, memiliki waktu pengisian *ballast* lebih cepat, serta tidak terjadi penurunan *Ton Lifting Capacity (TLC)*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2. STUDI LITERATUR

2.1. Dok Apung (*Floating Dock*)

Pengertian dok apung adalah suatu bangunan konstruksi dilaut yang digunakan untuk proses *docking* kapal dengan cara menenggelamkan dan mengapungkan dalam arah vertikal. Konstruksi dok apung ini umumnya terdiri dari baja dan pelat, dengan sistem konstruksi berbeda-beda tergantung dari desain. Sistem konstruksi yang biasa diterapkan pada dok apung ada tiga yakni sistem konstruksi memanjang, melintang, dan campuran. Dok apung memiliki sistem perpipaan dan perpompaan yang cukup sederhana, sistem perpipaan tersebut serupa dengan sistem pada *ballast* kapal.



Gambar 2.1 Dok Apung

(sumber: <http://desainkapal.wordpress.com>)

Dok apung dilengkapi bagian-bagian utama seperti berikut:

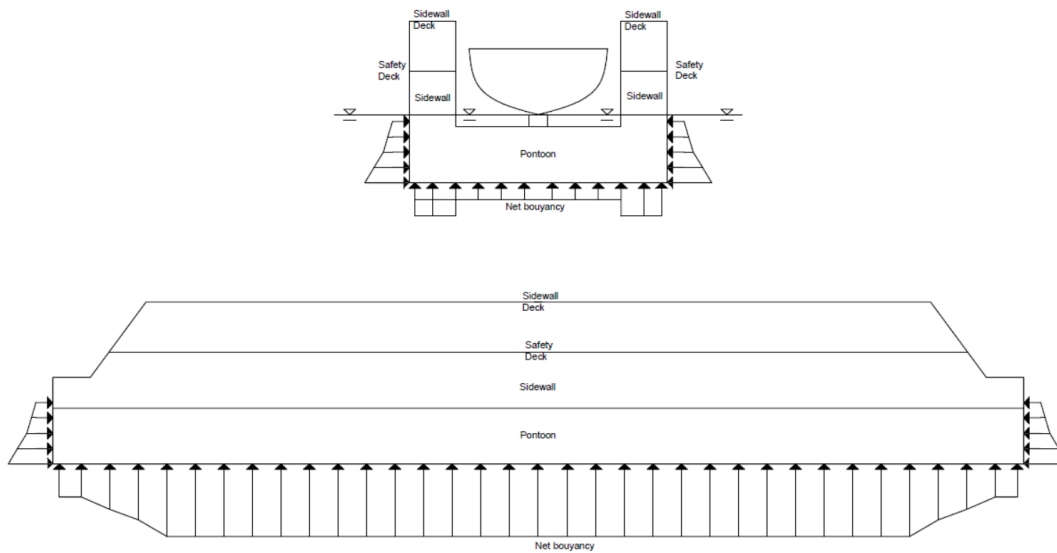
- Pompa pengeluaran
- Katup-katup pemasukan
- Jangkar dan rantai jangkar
- *Crane* pengangkat

Pompa-pompa dan katup-katup serta pipa-pipa induk, di mana untuk pemompaan ini dapat dikendalikan dari suatu tempat yang disebut *control house*. Disamping itu karena dok apung merupakan suatu bangunan yang terapung maka haruslah perlu ada peralatan untuk *mooring* / tambat agar jangan sampai bergeser kedudukannya disebabkan oleh arus, ombak, atau angin. Peralatan untuk tambat ini jelas dengan jangkar atau rantainya di mana kadang-kadang digunakan juga bangunan beton atau pipa pancang yang ditempatkan pada dasar perairan sebagai bantuan. Selain itu dok juga dilengkapi peralatan untuk menarik atau menggeser kapal yang akan dinaikkan serta kran-kran yang diperlukan untuk transportasi pada waktu reparasi.

Dok apung dibedakan menjadi dua menurut jumlah *pontoon* yang dimiliki, yakni:

1. Dok apung *single pontoon*
2. Dok apung *multi pontoon*

Kedua tipe dok apung tersebut diatas memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Kelebihan dan kekurangan tersebut yang menjadi pertimbangan untuk membangun dok apung.



Gambar 2.2 Dok Apung dengan Seksi *Pontoon* Tunggal

Dok apung jenis *single pontoon* memiliki beberapa kelebihan yang tidak dimiliki oleh dok apung dengan jenis *multi pontoon*. Kelebihan tersebut adalah sebagai berikut:

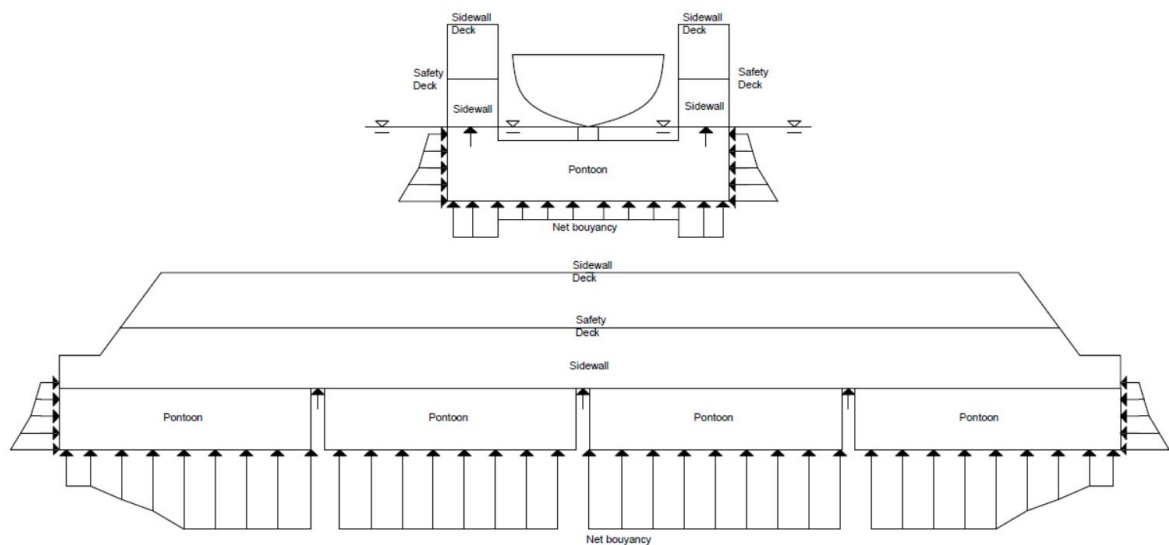
1. Kekuatan memanjang ditanggung oleh semua bagian dari dok apung termasuk *sidewall* dan *pontoon*

(Midhun, 2009)

Selain kelebihan dari dok apung *single pontoon* yang telah disebutkan di atas, dok apung tipe ini juga memiliki kekurangan dibanding dok apung dengan tipe *multi pontoon*:

1. Perbaikan tiap sisi-sisi *pontoon* tidak dapat dilakukan di dok (tidak memiliki kemampuan *self repair*)
2. Perlu melakukan *docking* untuk proses pemeliharaan dan perbaikan

(Santoso, IGM, & Sudjono, 1983)



Gambar 2.3 Dok Apung dengan 4 Seksi *Pontoon*

Dibandingkan dengan dok apung tipe *single pontoon*, dok apung dengan tipe *multi pontoon* memiliki kelebihan dari dok apung *single pontoon* apabila dilihat dari beberapa sisi. Adapun kelebihan tersebut adalah sebagai berikut:

1. Perbaikan tiap-tiap seksi *pontoon* dapat dilaksanakan diatas dok dengan melepas seksi *pontoon* yang harus diperbaiki, kemudian menaikkan diatas dok tanpa perlu melakukan *docking* keseluruhan *pontoon*.
2. Pembangunannya dapat dilaksanakan pada galangan (*building berth*) yang panjangnya kurang dengan Panjang keseluruhan dok apung yang selanjutnya disambung satu sama lain di atas air.

(Santoso, IGM, & Sudjono, 1983)

Selain kelebihan dok apung *multi pontoon* yang disebutkan di atas. Dok apung *multi pontoon* tentu memiliki kekurangan, adapun kekurangan dari dok apung tipe ini adalah sebagai berikut:

1. Kekuatan memanjang hanya ditanggung oleh *sidewall* sehingga bagian *pontoon* tidak termasuk pada bagian penguat kekuatan memanjang dok

(Midhun, 2009)

2.2. Kekuatan Memanjang Kapal

Longitudinal strength atau kekuatan memanjang adalah perhitungan kekuatan kapal secara memanjang kapal untuk menopang beban muatan dan beban kapal itu sendiri ketika berlayar pada kondisi air tenang maupun bergelombang. Longitudinal strength menjadi salah satu persyaratan klasifikasi (*class*) untuk kapal-kapal dengan panjang lebih dari 65 m.

Perhitungan ini tergantung pada ukuran kapal dan *scantling* (ukuran profil dan pelat) yang digunakan di kapal. *Scantling* inilah yang selanjutnya dihitung inersianya untuk mendapatkan besarnya tegangan dan momen yang dialami kapal karena beban muatan dan gelombang. Dalam pasal ini dianggap bahwa lengkung distribusi gaya berat kapal dan lengkung distribusi gaya tekan ke atas sepanjang kapal dapat memenuhi syarat keseimbangan kedua yaitu titik pusat gaya berat dan titik pusat gaya tekan ke atas terletak di satu garis vertikal (satu garis kerja) (Santosa, 2013)

2.2.1. *Bending Stress*

Dari *classic bending theory* diketahui harga tegangan tekuk (*bending stress*) (σ) pada titik manapun pada sebuah balok adalah :

$$\sigma = M/I \times y \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana :

M = *aplied bending moment*

Y = jarak yang diinginkan dihitung dari *neutral axis*

I = *second momonet of area of cross section of beam about the neutral axis*

Pada saat balok tertekuk akan terlihat bahwa serat terjauh (*extreme fibres*), misal pada kasus *sagging*, tarik terjadi pada bagian atas dan tekan pada bagian alas / bawah. Suatu daerah diantara kedua posisi tersebut adalah posisi di mana serat jarak terjauh dari *neutral axis* adalah dimana tegangan terbesar terjadi untuk *plane bending*. Harus diketahui bahwa pada *neutral axis* selalu terdapat titik pusat gravitasi daripada penampang melintang. Pada persamaan diatas *second moment of area (I)* adalah pembagi, maka dari itu semakin besar harga *second moment of area* semakin kecil harga tegangan tekuk (*bending force*). *Second moment of area* bervariasi sepanjang (tinggi)² dan oleh karena itu penambahan sedikit / kecil pada ketinggian daripada penampang bisa sangat menguntungkan dalam mengurangi tegangan tekuk (*bending shear*). Lalu referensi dibuat mengenai modulus penampang (Z) dari balok. Persamaan ini adalah rasio antara *second moment of area* dan jarak terjauh yang ingin dihitung dari *neutral axis*, $I/y = Z$. Dengan demikian maka *bending stress* (σ) adalah $\sigma = M/Z$ (Eyres, 2007)

2.2.2. *Penyebaran Memanjang Gaya Berat*

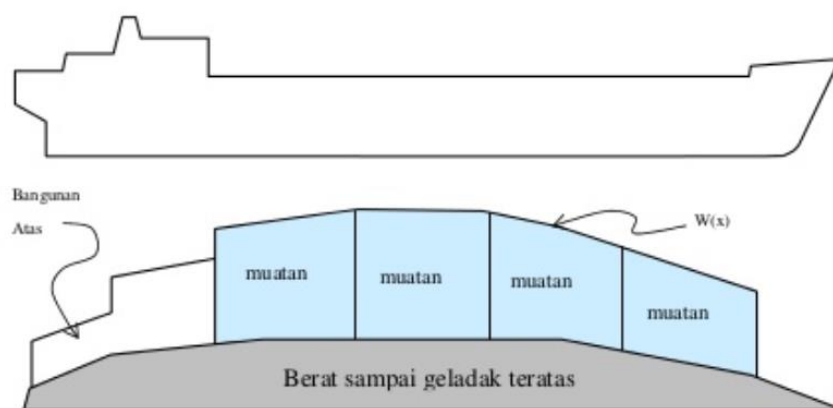
Langkah pertama dalam perhitungan *bending* momen memanjang kapal adalah menentukan persebaran gaya berat sepanjang kapal. Distribusi berat ini merupakan sebagian pembebanan yang akan menimbulkan *bending moment*, adalah merupakan hasil penjumlahan dari penyebaran berat kapal kosong dengan berat muatan, perbekalan, crew, penumpang,

persediaan bahan bakar, minyak lumas, air tawar dan lain sebagainya, yaitu merupakan berat total pada saat kapal berlayar.

Karena distribusi berat ini biasanya dihitung dalam tahap perencanaan, maka distribusi berat ini, (terutama berat badan kapal) dihitung dengan cara pendekatan. Cara lain untuk menghitung distribusi berat kapal kosong adalah menggunakan cara yang dibuat oleh Loyd's Register (1964). Cara ini dapat dipakai baik kalau berat kapal kosong sudah diketahui lebih dulu maupun belum.

Pada pokoknya, berat kapal kosong dengan perlengkapannya tetapi tanpa mesin dan poros serta baling-baling dipecah menjadi dua, bagian badan kapal sampai geladak keatas uang menerus dan bagian-bagian lain seperti bangunan atas mesin mesin geladak dan sebagainya. Masing-masing bagian dihitung dengan rumus yang sudah tersedia sehingga akhirnya didapat penyebaran berat keseluruhan, sebagai penjumlahan dari penyebaran dari masing-masing bagian. Cara ini dikembangkan khusus untuk perhitungan kekuatan memanjang

Setelah lengkung berat kapal kosong dibuat, dapat diliha lengkung grafik kapasitas ruangan dan perhitungan berat dari semua bagian-bagian lain yang telah didistribusikan ke arah memanjang. Disini harus diperhatikan bahwa letak titik berat dari masing-msing kelompok berat yaitu muatan, permesinan, bahan bakar, perlengkapan, dan peralatan, air tawar, dan sebagainya dalah sesuai dengan harga-harga menurut perhitungan berat. Secara grafis distribusi berat badan kapal beserta segala muatan yang diangkut dalam pelayarannya $w(x)$ dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.4 Distribusi Berat Kapal

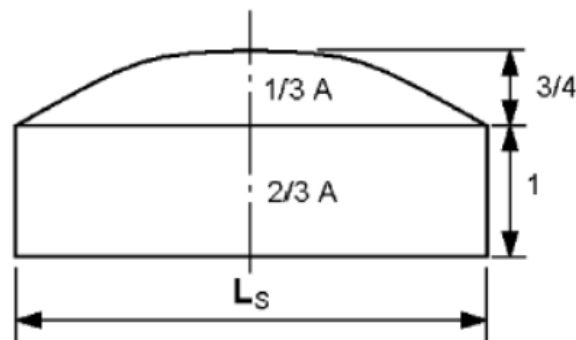
Sumber : (Santosa, 2013)

Karena berat muatan merupakan bagian yang terbesar dari kumpulan muatan berat yang ada di kapal, maka penyusunan muatan sangat berpengaruh terhadap sistem pembebanan pada

kapal. Bila muatan kapal penuh dan kapal mempunyai kamar mesin di belakang, maka distribusi gaya berat akan cenderung terkumpul di tengah kapal, sebaliknya apabila muatan pada kapal tidak ada (kapal dalam keadaan kosong), distribusi gaya berat akan cenderung besar di bagian ujung-ujung kapal (Santosa,2013)

2.2.3. Penyebaran Beban Muatan pada Dok Apung

Standart sagging ship merupakan salah satu tipe persebaran beban pada dok apung yang dikehendaki oleh *class* DNV-GL persebaran beban ini sama prinsipnya dengan kondisi *sagging* pada kapal sehingga beban yang terbesar berada di bagian *midship* atau pada bagian tengah konstruksi. Persebaran beban ini berbentuk parabola dengan titik pada *midship* sebagai puncaknya. Dapat dilihat pada gambar berikut persebaran beban yang dimaksud :



Gambar 2.5 Persebaran Beban *Standart Sagging Ship*

Apabila kondisi pembebanan tidak ditentukan oleh *builder* dari dok apung maka dapat dikatakan bahwa beban yang bekerja pada dok apung dengan sisa air *ballast* adalah sebesar dari *lifting capacity* dari dok apung itu sendiri. Dengan panjang dari L_s tidak boleh lebih dari $0.8 \times L_D$. Kurva persebaran beban diasumsikan simetris dan memiliki *parabolic rectangle* di atasnya, masing-masing sesuai dengan L_s . Area dari *parabolic rectangle* dapat diketahui dengan mengikuti rumus yang berada pada Gambar 2.5 Persebaran Beban *Standart Sagging Ship* (DNV-GL, 2015)

2.2.4. Penyebaran Memanjang Gaya Angkat

Gaya tekan keatas adalah merupakan reaksi massa air terhadap dok apung yang tidak lain adalah *displacement*. Dimana harga *displacement* disebut sama dengan massa total dok apung, demikian juga resultan gaya tekan keatas tersebut harus tepat satu garis vertical dengan resultan gaya berat.

Seperti kita ketahui bahwa *displacement* dok apung dapat diperoleh dari integrasi ke arah memanjang dari massa-massa air sepanjang kapal

$$\Lambda = \int_0^L m(x) dx \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

dan total gaya tekan keatas menjadi

$$P = g \Lambda \quad \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

$m(x)$: massa bagian air

g : percepatan gravitasi

Karena massa bagian adalah :

$$m(x) = P.a(x) \quad \dots\dots\dots(2.3)$$

maka distribusi gaya tekan keatas adalah

$$b(x) = p. g. a(x) \quad \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana :

P : massa jenis air

$a(x)$: luas station di potongan sejauh x dari AP

Untuk dok apung kebanyakan berada di air tenang, distribusi gaya tekan keatas dapat ditentukan dengan cepat. Luasan station untuk sarat yang ditentukan dan jika luas yang didapat (dalam m²) dikalikan dengan 1,031 g akan didapatkan intensitas gaya tekan keatas pada station tersebut. (Santosa, 2013)

2.2.5. Perhitungan Kekuatan Memanjang

Longitudinal strength atau kekuatan memanjang adalah perhitungan kekuatan dok apung secara memanjang kapal untuk menopang beban muatan dan beban dok apung itu sendiri ketika berada pada kondisi air tenang . *Longitudinal strenght* menjadi salah satu persyaratan klasifikasi (*class*) untuk dok apung dengan panjang lebih dari 65 m. Perhitungan inti tergantung pada ukuran dok apung dan *scantling* (ukuran profil dan plat) yang digunakan di dok apung. *Scantling* inilah yang selanjutnya dihitung inersianya untuk mendapatkan besarnya tegangan dan momen yang dialami dok apung karena beban muatan. Dalam pasal ini dianggap bahwa lengkung distribusi gaya berat dok apung dan lengkung distribusi gaya tekan keatas sepanjang dok apung dapat memenuhi syarat keseimbangan kedua yaitu titik pusat gaya berat dan titik pusat gaya tekan keatas terletak disatu garis vertikal (satu garis kerja) (Santosa,2013)

2.3. Metode Elemen Hingga

2.3.1. Pengertian

Metode elemen hingga merupakan metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam bidang rekayasa seperti geometri, pembebanan dan sifat-sifat dari material yang sangat rumit. Hal ini sulit diselesaikan dengan solusi analisa matematis. Pendekatan metode elemen hingga adalah menggunakan informasi-informasi pada titik simpul (node). Dalam proses penentuan titik simpul yang disebut dengan pendeskritan (*discretization*), suatu sistem dibagi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, kemudian penyelesaian masalah dilakukan pada bagian-bagian tersebut dan selanjutnya digabung kembali sehingga diperoleh solusi secara menyeluruh. (Hutton, 2004)

Kini sangatlah memungkinkan untuk menggunakan program komputer untuk melakukan analisa dengan metode elemen hingga yang dikenal dengan *FEA (Finite Element Analysis)*. Dengan adanya metode ini dapat dilakukan analisa keseluruhan badan kapal secara perhitungan yang akurat terhadap respon tegangan dari kapal. Beberapa tingkatan dalam permodelan elemen hingga dapat digunakan dalam analisa seperti berikut :

- *Global stiffness moder*
- *Cargo hold model*
- *Frame and girder model*
- *Local structure model*
- *Stress concentration model* (Hutton, 2004)

Dalam pengerjaan tugas akhir ini jenis/tingkat model elemen hingga yang digunakan adalah *global stiffness model*

2.3.2. Static Analysis

Analisa statis (*static analysis*) merupakan cara tradisional untuk melakukan analisa tegangan dan kekuatan dari struktur kapal. Beban dihitung secara terpisah dari kekuatan struktur, meskipun beban tersebut dinamis namun tetap diasumsikan statis (tidak berubah seiring waktu). Beban statis ini dapat benar asumsinya apabila digunakan sebagai tekanan hidrostatis bukan untuk beban dinamis gelombang yang diaplikasikan terhadap plat sisi kapal. Meski asumsi beban statis belum diverifikasi, analisa statis tetap dapat dilakukan karena lebih cepat dan mudah untuk dilakukan. Berdasarkan berbagai pengalaman kasus yang telah ada, analisa statis terbukti akurat dalam mencari harga tegangan dan defleksi (Hutton, 2004)

2.3.3. Langkah Metode Elemen Hingga

Secara umum tahapan dalam perumusan metode elemen hingga adalah sebagai berikut:

Tahap 1 : Pendiskretan dan pemilihan jenis elemen

Tahap ini struktur dibuat menjadi sebuah sistem yang ekuivalen yang terdiri dari elemen-elemen hingga yang saling berhubungan dengan simpul. Pemilihan jenis elemen harus tepat sesuai dengan permasalahan yang ingin diselesaikan. Untuk mendapatkan pendekatan yang baik, ukuran *meshing* harus dapat mewakili kondisi struktur yang sebenarnya. Elemen –elemen kecil yang digunakan untuk kondisi yang perubahannya drastis, sedangkan elemen berukuran besar digunakan ditempat dimana bersaran yang ingi dicari perubahannya relative konstan. Ukuran *meshing* tidak harus sekecil mungkin, karena membutuhkan kapasitas *hard disc* dan memori yang sangat besar. Dari ukuran *meshing* yang ada dipilih ukuran yang memberikan rasio perubahan yang kecil dibandingkan dengan ukuran *meshing* yang lebih besar.

Tahap 2 : Pemilihan fungsi *displacement*

Menentukan fungsi *displacement* yang didefinisikan pada tiap elemen dengan menggunakan nilai parameter di simpul elemen tersebut, fungsi yang dipakai berupa polynomial, linier kuadratik, kubik, atau deret trigonometri.

Tahap 3 : pendefinisian hubungan regangan *displacement* dan tegangan regangan

Hubungan anatara regangan *displacement* dan antara tegangan regangan dalam proses penurunan persamaan untuk masing-masing elemen hingga. Kemampuan untuk mendefinisikan kelakuan atau sifat material secara tepat adalah hal yang sanagat krusial untuk mendapatkan hasil yang dapat diterima

Tahap 4 : Penurunan matriks kekakuan elemen dan Persamaan elemen

Metode yang sering digunakan dalam penurunan matriks kekakuan elemen dan persamaan elemen adalah metode keseimbangan langsung dan metode ini cocok untuk elemen satu dimensi dan metode energi dengan prinsip energi potensial minimum.

Tahap 5 : penggabungan persamaan elemen dan penentuan kondisi batas

Persamaan elemen dalam tahap 4 digabungkan menggunakan metode kekakuan langsung untuk mendapatkan persamaan global keseluruhan struktur. Matrik kekakuan global ini berupa

matrik singular, sehingga untuk menghindari masalah singularitasnya harus ditentukan kondisi batas.

Tahap 6 : menyelesaikan derajat kebebasan yang belum diketahui

Untuk mendapatkan besaran yang belum diketahui digunakan metode eliminasi atau metode iterasi

Tahap 7 : menentukan regangan dan tegangan elemen

Besaran yang didapat pada tahap 6 (misal *displacement*) digunakan untuk menentukan regangan dan tegangan di elemen

Tahap 8 : interpretasi hasil

Hasil yang diperoleh ditampilkan dalam bentuk grafis oleh program *computer post processor* (Bantami,2009).

2.4. Konversi Dok Apung *Multi Pontoon*

2.4.1. Ukuran Utama Dok Apung

Ukuran utama dok apung menentukan ukuran besar dan kecilnya muatan serta ukuran dari dok apung itu sendiri. Ukuran utama utama ini dicantumkan melalui simbol/singkatan dengan arti tertentu dan ditulis dalam bahasa asing (*english*). Definisi ukuran-ukuran utama dok apung menurut Biro Klarifikasi Indonesi (BKI) adalah sebagai berikut :

1. Panjang (L)

Panjang (L) adalah jarak dalam meter pada garis muat dari bagian ujung dok apung menuju ke bagian ujung terjauh sisi satunya. Ukuran panjang (L) ini dibedakan menjadi *Length Overall (LOA)* dan juga *Length of Pontoon*. LOA merupakan panjang keseluruhan dok apung termasuk juga pintu rampah yang berada di ujung *pontoon*. *Length of Pontoon* merupakan panjang dari *pontoon* yang dimiliki oleh dok apung dan tidak termasuk pintu rampah yang berada di ujung *pontoon*. *Length of Pontoon* ini dapat bervariasi apabila dok apung memiliki sistem *multi pontoon* dan akan memiliki panjang yang sama apabila sistem dok apung tersebut *single pontoon*.

2. Lebar (B)

Lebar (B) adalah lebar bentuk terbesar dok apung. Lebar dalam dok apung dibedakan menjadi dua yakni lebar dalam dan lebar luar. Lebar dalam merupakan jarak dari sisi dalam *sidewall* bagian *starboard* dengan *sidewall* bagian *portside*. Sedangkan lebar luar merupakan jarak terluar dari bagian *shell* dok apung *starboard* terhadap *shell* dok apung bagian *portside*.

3. Tinggi (H)

Tinggi (H) adalah vertikal dari garis dasar dok apung sampai pada dek dari dok apung.

4. Sarat (T)

Sarat (T) merupakan jarak vertikal dari dasar dok apung sampai pada permukaan air yang meneggelamkan dok apung.

2.4.2. Komponen Berat Dok Apung

Komponen berat merupakan dasar dalam perancangan kapal. Komponen dari berat kapal adalah sebagai berikut :

1. *Deadweight* (DWT)

Deadweight adalah perbedaan antara *displacement* suatu dok apung dengan massa dari dok apung pada keadaan kosong, atau berat dari semua barang/benda yang bisa dipindahkan dari kapal, antara lain adalah jumlah massa dari muatan yang diangkut bahan bakar, minyak pelumas, air tawar, perbekalan, ABK atau penumpang, bagasi dan *ballast* tidak tetap.

Payload merupakan kapasitas kargo atau penumpang yang dapat diangkut oleh dok apung. Berat *payload* diusahakan semaksimal mungkin agar dapat memuat muatan lebih banyak sehingga keuntungan yang diperoleh bisa lebih optimum.

2. *Lightweight* (LWT)

Lightweight merupakan berat komponen dok apung yang bersifat tetap. Pada umumnya dapat dibagi menjadi tiga bagian besar yaitu :

- Berat baja dok apung yakni berat dari *pontoon*, berat dari *sidewall* dan beban dari *control room*
- Berat peralatan yaitu berat dari seluruh peralatan antara lain jangkar, rantai jangkar, mesin jangkar, tali temali, mesin kemudi, mesin *winch*, *derrick boom*, *mast*, *ventilation*, alat-alat navigasi, lifeboat, perlengkapan dan peralatan dalam kamar-kamar, serta tak lupa pula *crane*.

- Berat mesin penggerak beserta instalasi pembantunya yaitu berat motor induk, motor bantu, ketel, pompa-pompa, *separator*, botol angin, *reduction gear*, dan keseluruhan peralatan yang berada di kamar mesin.

Hubungan antara DWT, LWT, displacement, dan payload.

Hubungan antara DWT, LWT, dan *displacement* adalah dapat dilihat pada perumusan berikut :

$$DWT = \Lambda - LWT \text{ atau } \Lambda = DWT + LWT \dots\dots\dots(2.5)$$

Sehingga dari perumusan tersebut dapat disimpulkan bahwa *displacement* adalah total penjumlahan dari DWT dan LWT

Hubungan antara *payload* dan DWT dapat dilihat pada perumusan berikut :

$$Payload = DWT - W_t \dots\dots\dots(2.6)$$

Dimana W_t adalah penjumlahan dari berat bahan bakar, berat minyak pelumas, berat air tawar, berat kebutuhan makanan dan berat *crew*.

2.4.3. Tahapan Proses Produksi Dok Apung

Pembangunan kapal merupakan kegiatan yang dilakukan mulai dari perencanaan dok apung sampai dengan penyerahan produk dok apung kepada pemilik dok apung. Pembangunan dok apung itu dilakukan melalui suatu tahapan proses yang tergantung dari metode yang digunakan dalam pembangunan tersebut.

Dalam pembuatan kapal diperlukan beberapa tahapan proses produksi yang terdiri dari :

1. Persiapan (*preparation*)

Tahap ini merupakan tahap awal dalam proses produksi. Pada tahap ini mulai dilakukannya proses pelurusan (*straightening*) dan proses pembersihan (*blasting*). Karena pendinginan yang tidak merata setelah proses *rolling* dan tekan yang terjadi di pabrik baja dan selama transportasi, pelat tiba di galangan dalam keadaan *deformasi*. Kondisi cacar ini membuat proses *marking* dan *cutting* sulit dilakukan dan menyebabkan tambahan tekanan pada tahap fabrikasi dan *assembly*. (Stroch, 1995)

2. Fabrikasi (*fabrication*)

Tahap ini memproduksi komponen-komponen atau zona-zona untuk perakitan badan kapal menjadi bagian-bagian yang tidak bisa dibagi lagi. (Wahyuddin, 2011). Jenis pekerjaan pada tahap fabrikasi ini meliputi :

a. Pembersihan Plat

b. Pelurusan Plat (*Straightening*)

c. *Marking*

- *Marking* yaitu penandaan / penggambaran pada pelat / profil dengan skala satu banding satu. Data diperoleh dari gambar produksi / gambar kerja dari *mould loft*.
- Pada setiap bagian dari material yang telah ditandai harus diberi nama yang jelas agar tidak tertukar atau keliru pada saat perakitan. Nama tersebut disediakan dengan kode yang tercantum pada *material list* atau *marking list*. Sebelum dilakukan pekerjaan selanjutnya, diperlukan pemeriksaan *marking* serta ukurannya *quality control* (QC) agar ditetapkan lebih terjamin sehingga menghindari kesalahan pemotongan.

Prosedur pekerjaan *marking* antara lain :

- a) Peralatan material diatas lantai kerja
- b) Rencana pemotongan (*cutting plan*)
- c) Persiapan alat-alat kerja
- d) Pelaksanaan *marking* meliputi :

1) Garis Standart

Dipakai sebagai pedoman gambar maupun memeriksa kelurusan material akibat *deformasi* yang timbul setelah pemotongan. Terdiri dari *buttock line* (garis tegak), *water line* (garis air), dan *frame* (garis gading)

2) Pedoman arah

3) Tanda serongan pelat dan sudut dorongan

- o Tanda untuk margin(cadangan/*clearance*)

Adalah kelebihan pelat yang diberikan pada sambungan *block* atau sambungan-sambungan lain yang dianggap perlu pada umumnya ditulis : +20, +10, +30, dan sebagainya. Dan pada *marking*-nya harus benar benar diberi kelebihan 20 mm

- o Tanda untuk bending
- o Membuat garis lurus

4) Tanda garis potong

Tanda garis potong dimaksudkan sebagai petunjuk pelaksanaan pemotongan. Agar bagian yang akan dipotong tampak lebih jelas. Maka pada sisi dari *marking* diberi tanda dengan cat.

d. Pemberian nama material

e. *Cutting*

Pelat baja dan konstruksi sebagian besar dipotong dan dibentuk di galangan kapal dengan menggunakan teknik *gas cutting*, tetapi setelah ditemukannya mesin *plasma arc cutting*, maka proses *cutting* pada galangan kapal beralih dari penggunaan teknik *gas cutting* menjadi menggunakan teknik *plasma arc cutting*.

Gas cutting adalah pemotongan pelat atau konstruksi yang berdasarkan pada prinsip reaksi kimia atau reaksi suhu yang terjadi antara besi dan besi paduan baja. Besi atau paduan besi dapat dipanaskan sampai suhu dimana besi akan cepat teroksidasi dalam atmosfer atau oksigen dengan kemurnian tinggi.

Plasma arc cutting adalah pemotongan yang menggunakan elektrode yang dihubungkan ke sambungan negatif pada arus DC dan pelindung gas diberikan dari sudut *nozzle* yang memiliki lubang lebih kecil dari diameter alami busur. (Eyres, 1988)

f. *forming*

Pelat yang sudah dipotong memerlukan proses pembentukan, dimana pelaksanaannya dapat dilakukan dengan cara:

- proses dingin (menggunakan mesin *bending*)
- Proses panas (pemanasan dengan *bender* kemudian disiram air secara tiba-tiba)

3. Sub-Assembly

Pada tahap *Sub- Assembly*, pekerjaan yang telah diselesaikan pada bagian fabrikasi diteruskan. Hasil dari pemotongan / pembentukan di bengkel fabrikasi yang berupa *bracket*, *wrang*, *face plate*, dan lain-lain, digabungkan dan disatukan menjadi satu kesatuan bagian konstruksi atau komponen *block*, antara lain:

- a. Pemasangan *stiffners* pada pelat sekat
- b. Pembuatan *wrang*
- c. Penyambungan dua lembar pelat atau lebih
- d. Membantu tugas bagian *assembly*

Secara garis besar bagian *sub-assembly* dibedakan menjadi dua bagian :

a. *Fitting* (penyetelan) meliputi :

- *Missalignment* (ketidaklurusan pelat)
- *Gap* atau celah
- *Miss fitting* (kesalahan tempat pemasangan elemen pada tempatnya)
- *Missing*
- Penyimpangan sudut pemasangan antara profil dengan pelat maupun dengan profilnya sendiri

- b. *Welding* (pengelasan)
 - Perubahan bentuk dan ukuran
 - Cacat

4. Assembly

Pada tahap *assembly*, pekerjaan yang telah diselesaikan di bengkel *sub-assembly* digabung menjadi satu kesatuan seksi badan kapal. Pekerjaan yang dilakukan oleh bagian *assembly* adalah sebagai berikut:

- a. Penggabungan beberapa *wrang*
- b. Penggabungan seksi menjadi sebuah blok
- c. Penggabungan dua *block* (*grand block*)

Dari seluruh pekerjaan di bagian *assembly* akan diadakan pemeriksaan oleh badan yang berwenang di perusahaan galangan maupun oleh BKI.

Pengelasan akan menimbulkan adanya penarikan (*deformasi*). Biasanya *deformasi* ini diukur antara *stiffner* dengan *stiffner* atau antara penguat satu dengan penguat lainnya, misal jarak antara *deck girder* jarak perubahan maksimum 0,6 cm harus dilakukan perbaikan (biasanya dilakukan pemanasan). Tanda untuk margin (cadangan) dimana margin / cadangan adalah kelebihan pelat yang diberikan pada setiap sambungan *block* atau sambungan-sambungan lain yang dianggap perlu atau umumnya ditulis +20, +30, +10 dan sebagainya.

Secara garis besar bagian *assembly* dibedakan menjadi tiga bagian :

- a. *Fitting* (penyetelan)
- b. *Welding* (pengelasan)
- c. *Marking* akhir

2.5. Tinjauan Ekonomis

2.5.1. Pengertian Biaya

Biaya adalah kas atau nilai yang setara kas yang dikorbankan untuk barang atau jasa yang diharapkan memberi manfaat pada saat ini atau di masa mendatang bagi organisasi. (Henry, 2002)

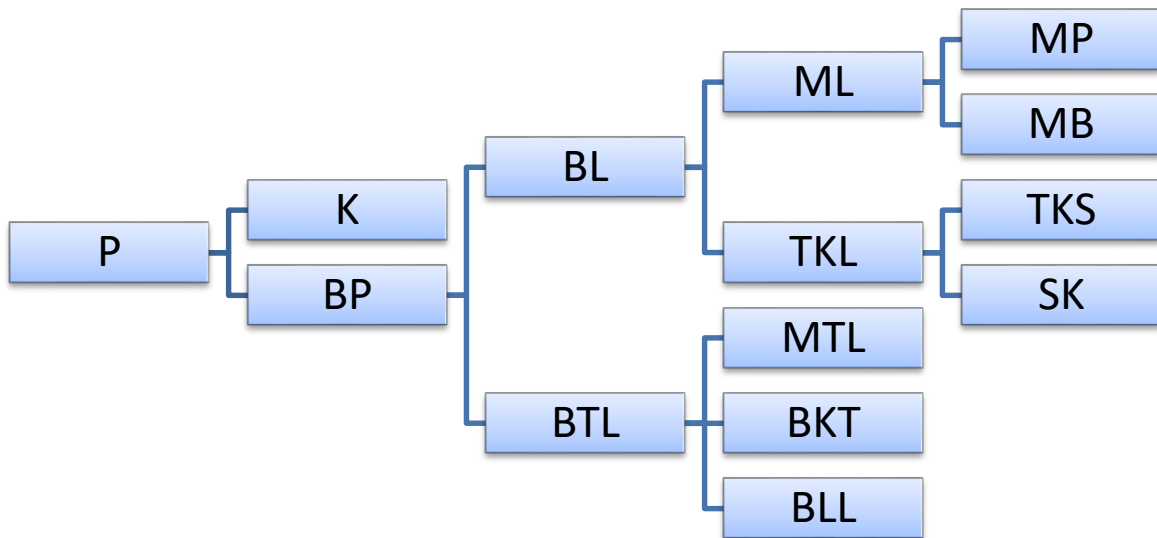
Biaya adalah harga perolehan yang dikorbankan atau digunakan dalam rangka memperoleh penghasilan atau *revenue* yang akan dipakai sebagai pengurang penghasilan. (Supriyono, 2000)

2.5.2. Penggolongan Biaya

Sebelum pembangunan proyek selesai dan siap dioperasikan, diperlukan sejumlah besar biaya atau modal yang dikelompokkan mejadi modal tetap (*fixed capital*) dan modal kerja (*working capital*), atai dengan kata lain biaya proyek atau investasi = modal tetap + modal kerja. Pengelompokan ini bergantung pada waktu pengkajian aspek ekonimis dan pendanaan. (Soeharto, 1997)

1. Modal Tetap (*fixed capital*)

Seperti yang tampak pada gambar 2-10 bahwa komponen harga produksi terdiri dari biaya produksi dan keuntungan. Biaya produki atau modal tetap adalah biaya yang dipakai untuk membangun instalasi atau menghasilkan produk proyek yang diinginkan, mulai dari pengeluaran studi kelayakan, desain *engineering*, pengadaan, fabrikasi, konstruksi sampai instalasi atau produk tersebut berfungsi penuh. Modal dibagi menjadi biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*).



Keterangan :

P : Harga jual

BP : Biaya Produksi

K : Keuntungan

BL : Biaya Langsung

BTL: Biaya Tidak Langsung

ML : Material Langsung

TKL: Tenaga Kerja Langsung

MP : Material Pokok

MB : Material Bantu

TKS : Tenaga Kerja Sendiri

SK : *Sub-kontraktor*

MTL : Material Tidak Langsung

TKTL : Tenaga Kerja Tidak Langsung

BLL : Biaya Lain-Lain

Gambar 2.6 Komponen Biaya Produksi

a. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung adalah komponen biaya yang memiliki kaitan langsung dengan volume pekerjaan yang tertera dalam item pembayaran atau menjadi komponen permanen hasil akhir proyek. Yang termasuk dalam biaya langsung adalah:

1. Biaya material langsung

Bahan baku langsung (*direct material*) didefinisikan sebagai setiap bahan baku yang menjadi tak terpisahkan dari produk jadi.

Pada proses produksi suatu galangan dibagi menjadi dua, yaitu :

- a) Material pokok adalah bahan baku yang diperlukan untuk menghasilkan hasil produk (*product*), seperti pelat/profil baja, pipa, kayu, dan lain-lain.
- b) Material bantu adalah bahan baku yang diperlukan untuk memproses bahan pokok untuk menghasilkan suatu hasil produksi, seperti : kawat las. *Acytelene*, LPG, oksigen, cat/kapur.

2. Biaya Tenaga Kerja Langsung

Biaya tenaga kerja langsung (*direct labour*) digunakan untuk biaya tenaga kerja yang dapat ditelusuri dengan mudah ke produk jadi. (Soejitno,2002).

Pada perusahaan galangan yang menganut sistem modern, untuk mendapatkan suatu hasil produksi, seluruh proses produksi tidak dilaksanakan dengan tenaga milik sendiri melainkan memakai industri penunjang seperti :

- Material
- Barang Jadi atau setengah jadi
- Jasa atau tenaga kerja (*sub-contractor*)

Pada galangan yang memakai tenaga *sub-contractor* untuk jenis pekerjaan yang sama dengan tenaga galangan sendiri, biayanya dimasukkan ke dalam biaya tenaga kerja langsung, sedangkan untuk *sub-contractor* yang memiliki keahlian yang tidak dimiliki oleh tenaga kerja galangan maka biayanya dimasukkan ke dalam biaya tenaga kerja tidak langsung. Oleh karena itu, biaya tenaga kerja langsung suatu galangan bisa dibagi menjadi dua, yaitu :

- Biaya tenaga kerja sendiri
- Biaya *sub-contractor*

b. Biaya Tidak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tidak langsung atau *indirect cost* adalah pengeluaran untuk manajemen, *supervise*, dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan

menjadi instalasi atau produk permanen, tetapi diperlukan dalam rangka proses pembangunan proyek. Biaya tidak langsung meliputi antara lain:

- Gaji tetap dan tunjangan bagi tim manajemen, tenaga bidang *engineering*, *inspector*, penyedia konstruksi lapangan, dan lain-lain.
- Kendaraan dan peralatan konstruksi, termasuk biaya pemeliharaan, pembelian bahan bakar, minyak pelumas dan suku cadang.
- Pembangunan fasilitas sementara. Termasuk penyediaan air, listrik dan fasilitas komunikasi.
- Pengeluaran umum. Butir ini meliputi bermacam keperluan tetapi tidak dapat dimasukkan ke dalam butir yang lain, misalnya pemakaian sekali lewat.
- *Kontigensi* laba atau *fee*. *Kontigensi* dimaksudkan untuk menutupi hal-hal yang belum pasti.
- *Overhead*. Butir ini meliputi biaya untuk operasi perusahaan secara keseluruhan, terlepas dari ada atau tidaknya kontrak yang akan ditangani. Misalnya biaya pemasaran, gaji eksekutif, sewa kantor, telepon, komputer.
- Pajak, pungutan / sumbangan, biaya izin, dan asuransi. Berbagai macam pajak seperti PPh, PPh dan lainnya atas hasil operasi perusahaan.

BAB 3. METODOLOGI

Dalam penyelesaian tugas akhir ini digunakan metode analisa dan pengujian yang tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut:

3.1. Tahapan Penelitian Tugas Akhir

Selama pengerjaan Tugas Akhir ini penulis membagi pengerjaan tugas dalam beberapa tahap pengerjaan, yaitu sebagai berikut :

3.1.1. Tahap Identifikasi Masalah

Pada tahap ini dilakukan identifikasi masalah mengenai proses konversi dok apung dan kemungkinan yang akan terjadi setelah dilakukan konversi dok apung. Terutama masalah perpipaan dan kekuatan memanjang dok apung.

3.1.2. Perumusan Masalah dan Tujuan

Dari informasi dan masalah yang teridentifikasi pada tahap sebelumnya, dibuat perumusan masalahnya dan tujuan penelitian yang akan dilakukan.

3.1.3. Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur terhadap berbagai referensi terkait topik penelitian. Studi pustaka ini dimaksudkan untuk mencari konsep dan metode yang tepat untuk menyelesaikan masalah yang telah dirumuskan pada tahap sebelumnya dan untuk mewujudkan tujuan yang dimaksudkan. Studi literatur ini termasuk mencari referensi atas teori-teori terkait atau hasil penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya. Adapun referensi yang dicari adalah sebagai berikut :

- Dok Apung (*Floating Dock*)
- *DNV-GL (2015). Rules for Classification of Floating Docks. DNV-GL*
- *DNV-GL (2015). Class Guidelines – Finite Element Analysis. DNV-GL*
- *BKI.(2002). Rules for Floating Docks.*
- Perhitungan komponen biaya

3.1.4. Tahap Studi Lapangan

Pada tahap ini dilakukan pencarian informasi melalui studi lapangan dan melakukan observasi langsung dan berdiskusi dengan dosen pembimbing yang dapat mendukung penelitian untuk mengetahui bagaimana proses konversi dok apung yang pernah dilakukan di galangan, identifikasi yang dilakukan meliputi :

1. Permasalahan dan Tujuan

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya pada bab 1, maka dapat diidentifikasi permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini. Selain itu juga dilakukan penentuan tujuan dari tugas akhir ini agar pembahasan memiliki arah yang jelas dan tidak menyimpang dari tujuan tersebut.

2. Metode analisis dan perhitungan

Dengan melihat kondisi yang ada di lapangan dan disesuaikan dengan teori/konsep yang diperoleh setelah melakukan studi pustaka, maka didapatkan sebuah metode menganalisa secara teknis dan ekonomis konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon*.

3.1.5. Tahap Pengumpulan Data

Selama penulisan tugas akhir ini, penulis melakukan pengumpulan data untuk pengerjaan tugas akhir ini. Dalam proses pengumpulan data, penulis menggunakan beberapa metode pengumpulan data seperti pengumpulna data secara langsung (*primer*) dan pengumpulan data secara tidak langsung (*sekunder*). Pengumpulan data secara langsung meliputi pengamatan untu mengetahui kebutuhan jam orang pada pekerjaan pembongkaran dok apung. Sedangkan pengumpulan data secara tidak langsung meliputi :

- *General Arrangement*, untuk melihat panjang tangki muat, jarak gading, dan letak sekat
- *Piping and Pump arrangement*, untuk mengetahui sistem pipa dan perpompaan pada keadaan awal sebelum dok apung mengalami perubahan.
- *Principal dimension* sebagai acuan dalam proses konversi
- Data biaya-biaya

3.1.6. Tahap Konversi Dok Apung *Single Pontoon*

Tahap konversi akan diawali dengan mengevaluasi kondisi eksisting dok apung *single pontoon*. Dok apung yang akan dikonveri adalah dok apung dengan *lifting capacity* 3500 ton.

Modifikasi pada jumlah *pontoon* dok apung dari *single pontoon* menjadi *multi pontoon*, baik dari penampang melintang maupun rencana umum serta sekat-sekat *pontoon*. Pada proses ini tentunya harus disesuaikan dengan peraturan klasifikasi yang berlaku (diambil DNV-GL) sehingga nantinya akan ada konstruksi yang perlu dipertahankan dan ditambah ataupun dirubah. Adapun konstruksi yang perlu dipertahankan adalah sebagai berikut :

1. Pelat kulit dari dok apung pada bagian *side wall*.
2. Konstruksi-konstruksi pendukung pada *side wall* (*longitudinal, frame*, dan sekat)
3. Konstruksi melintang pada *pontoon* (*frame*)

Untuk konstruksi yang perlu ditambahkan adalah sebagai berikut :

1. Sekat pada tiap-tiap seksi *pontoon* yang belum tertutup akibat proses konversi

Sedangkan untuk konstruksi yang perlu diubah adalah sebagai berikut :

1. *Center girder* dan girder yang terdapat pada *pontoon*.
2. Sekat pemisah kompartmen pada *pontoon*.

3.1.7. Tahap Analisis Teknis

Pada tahap ini akan dilakukan analisis secara teknis. Analisis teknis meliputi tinjauan fasilitas galangan hingga tahap pembangunan dok apung *multi pontoon*. Proses produksinya akan dijelaskan dengan menggunakan model tiga dimensi yang dibuat dengan *software Inventor*. Model tiga dimensi yang dibuat adalah bentuk dari dok apung dengan skala 1:1. Proses konversi dilakukan sesuai tahapan proses mulai dari proses *fabrikasi* hingga proses *assembly*. Setelah proses produksi dilakukan akan diperiksa kekuatan memanjang dok apung hasil konversi.

3.1.8. Tahap Analisis Ekonomis

Pada tahap ini dilakukan perhitungan komponen-komponen biaya selama proses konversi. Komponen-komponen biaya diantaranya kebutuhan material, jumlah jam orang, dan biaya lain-lain. Kebutuhan material disesuaikan dengan proses penambahan yang dilakukan. Material yang dimaksud adalah material pokok dan material bantu. Perhitungan kebutuhan jam orang mengacu pada standar pembangunan kapal baru di sebuah galangan kapal. Selain itu, ada komponen-komponen biaya lain yang dianggap perlu sehingga total biaya konversi didapatkan.

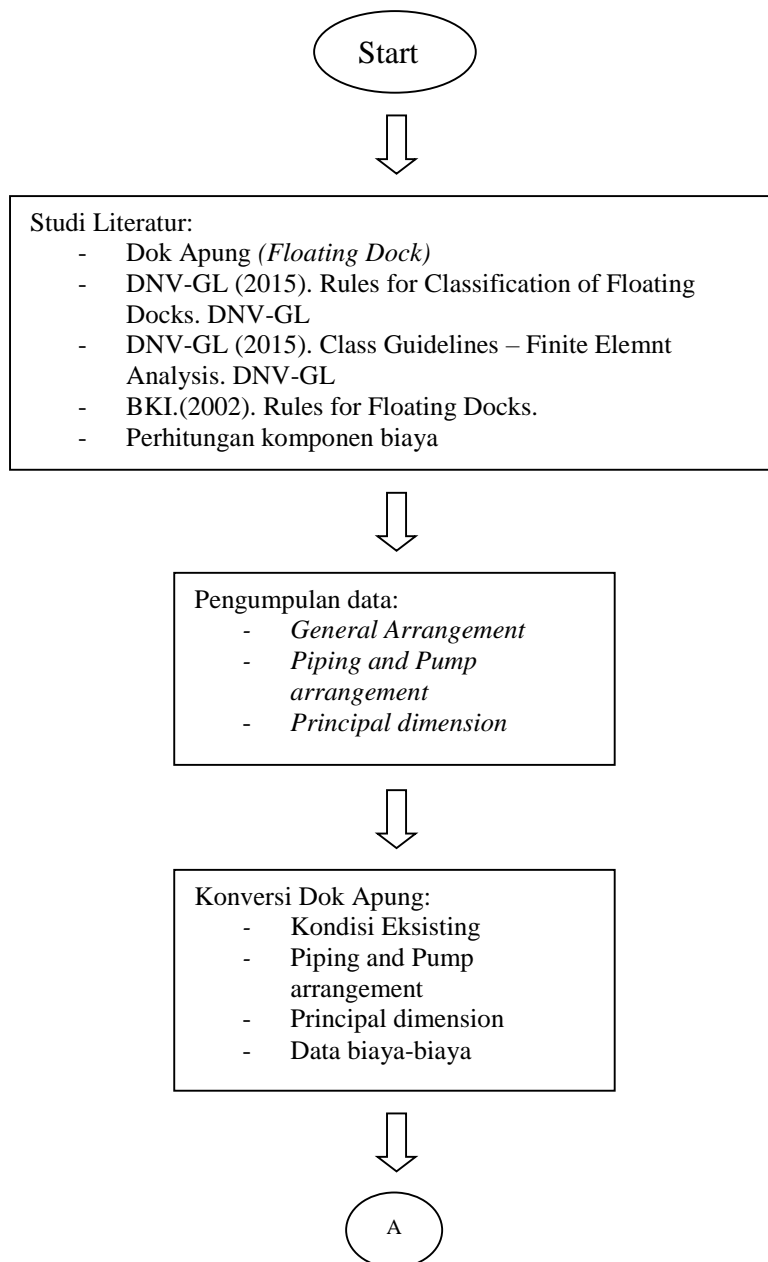
3.2. Tahap Kesimpulan dan Saran

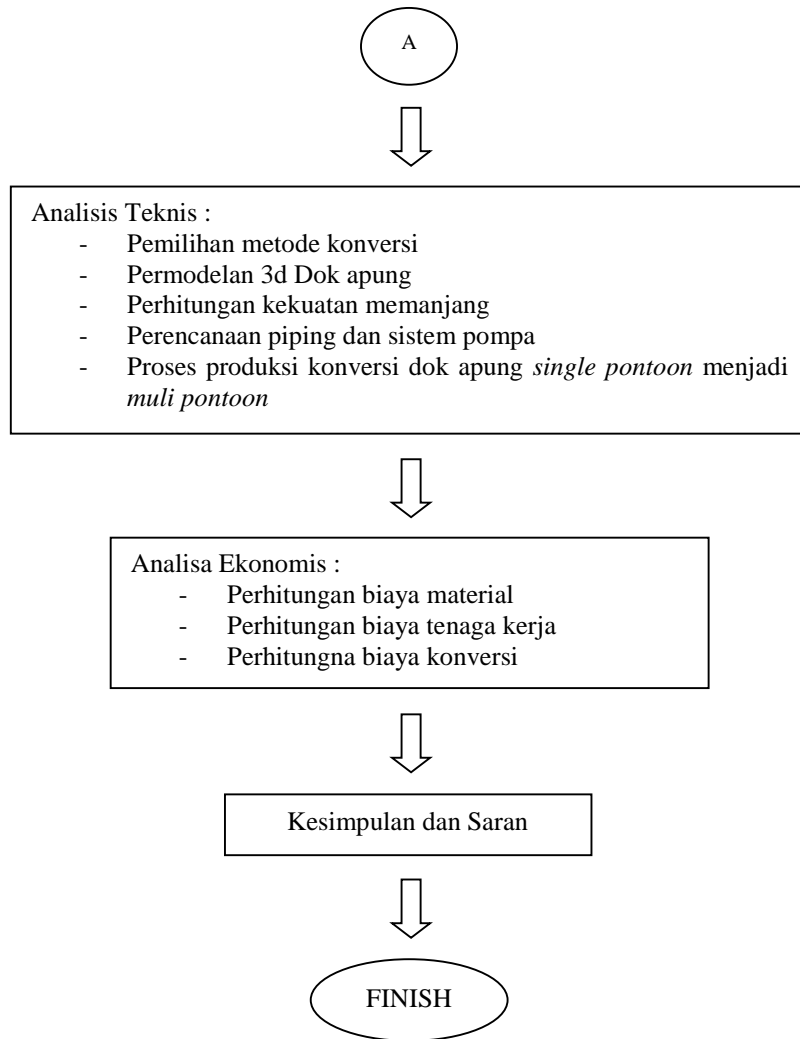
Dari hasil analisis teknis dan ekonomis akan dapat ditarik kesimpulan mengenai keuntungan konversi dok apung menjadi *multi pontoon* terhadap keuntungan perusahaan

ditinjau dari proses pemeliharaan dok apung dan kelayakn investai. Kemudian juga diberikan saran-saran yang bisa digunakan untuk pihak pemilik dok apung sehingga dapat memperkirakan besar biaya yang digunakan untuk proses konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon*.

3.3. Diagram Alur Pikir

Uraian-uraian di atas dapat diperjelas dengan menggunakan diagram alur (*Flow Chart*) seperti pada Gambar 3.1. Gambar 3.1 menunjukkan langkah-langkah atau tahapan-tahapan proses dalam pengerjaan tugas akhir yang direncanakan penulis





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

Pada Gambar 3.1 dijelaskan diagram alur berpikir dalam pengerjaan tugas akhir ini. Dimulai dari tahap studi literatur dilanjutkan dengan tahap pengumpulan data. Dilanjutkan dengan konversi dok apung kemudian dilanjutkan dengan analisa teknis dan ekonomis dari konversi dok apung dan diakhiri dengan pengambilan kesimpulan dan saran.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4.

KONDISI EKSISTING DOK APUNG SINGLE PONTOON

Kondisi eksisting dok apung yang akan dijadikan dasar tentunya sangat berpengaruh pada proses konversi. Diperlukan pemahaman lebih mengenai konsep konversi, mengingat konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* ini jarang dilakukan. Kebanyakan orang beranggapan bahwa mengubah *single pontoon* menjadi *multi pontoon* itu sulit dilakukan dan perlu biaya yang relative besar, jadi disarankan untuk membangun dok apung baru yang telah memiliki *multi pontoon*. Proses konsep konversi juga berpengaruh pada berapa lama dok apung tersebut beroperasi dan seberapa sering. Hal ini akan menambah waktu penyelesaian dari proses konversi tersebut.

Dalam proses konversi dok apung tentunya memerlukan data dari dok apung sebagai acuan pengerjaan. Jadi, untuk studi kasus dalam Tugas Akhir ini menggunakan dok apung dengan *lifting capacity* 3500 ton yang masih memiliki jenis *single pontoon*. Untuk itu dok apung tersebut akan dikonversi menjadi *multi pontoon*. Dok apung yang dipilih adalah dok apung Jayakarta V. Dok apung ini merupakan salah satu dok apung yang dimiliki oleh salah satu galangan ternama di Indonesia. Dok apung Jayakarta V atau sering disebut JK V tersebut masih beroperasi hingga saat ini. Dok apung tersebut hendak dikonversi guna mendapat kemampuan *self repair* yang mana pada dok apung *single pontoon* kemampuan *self repair* ini tidak dimiliki.

4.1. *Principal Dimension* (Ukuran utama dok apung)

Layaknya sebuah kapal dok apung juga memiliki ukuran yang beragam, ukuran ini disesuaikan dengan kemampuan dari dok apung dan dari desain awal dok apung yang sudah ditentukan. Ukuran utama dok apung (*principal dimensions*) menentukan besar kecilnya dok apung. Ukuran utama ini juga menentukan besarnya kemampuan dok apung atau lebih sering disebut *lifting capacity*-nya. Ukuran utama terdiri dari Panjang dok apung, (L), lebar (B), tinggi (H), sarat (T) dan lain-lain, seperti yang di tunjukan pada Tabel 4.1 berikut :

Tabel 4.1 *Principal Dimensions* Dok Apung

Ukuran Utama	Besar	Satuan
<i>Length Over All</i>	106	m

Ukuran Utama	Besar	Satuan
<i>Length of Pontoon</i>	100	m
<i>Breadth Between Outer Walls</i>	25	m
<i>Depth at Side</i>	2.04	m
<i>Height of Safety Deck</i>	7,43	m
<i>Height of Pontoon in Centerline</i>	2,6	m
<i>Number of Side Blocks</i>	16	
<i>Number of Keel Blocks</i>	90	
<i>Lifting Capacity</i>	3500	Ton

Tabel 4.1 di atas menunjukkan ukuran utama dari dok apung JK V sebelum dilakukan proses konversi. Setelah proses konversi dilakukan diharapkan tidak terjadi perubahan yang signifikan pada ukuran utama dari dok apung karena hal tersebut dapat mempengaruhi dari kemampuan dok apung untuk menahan beban kerja (*lifting capacity*). Dok apung JK V memiliki panjang *pontoon* 100 m dengan lebar 25 m dan dengan tinggi *pontoon* sebesar 2,6 m. *Pontoon* inilah yang nantinya akan dikonversi menjadi 5 seksi *pontoon*.

4.2. Desain Awal

Pada pembangunan dok apung *multi pontoon* ini tentunya membutuhkan data-data dok apung *single pontoon* yang akan dijadikan model konversi. Desain awal dibutuhkan di antaranya desain rencana umum, sistem pipa dan pompa. Desain-desain tersebut dibutuhkan guna mempermudah perencanaan metode konversi yang hendak dilakukan. Rencana umum digunakan untuk menentukan letak dari sekat dan *outfitting* apa saja yang mungkin berpengaruh terhadap proses konversi. Desain sistem pipa dan pompa dibutuhkan untuk mengetahui letak pipa dan pompa yang nantinya akan di rubah letak dan posisinya setelah konversi, hal ini perlu diperhatikan sebab akan membutuhkan waktu yang relatif lama apabila tidak direncanakan dengan baik.

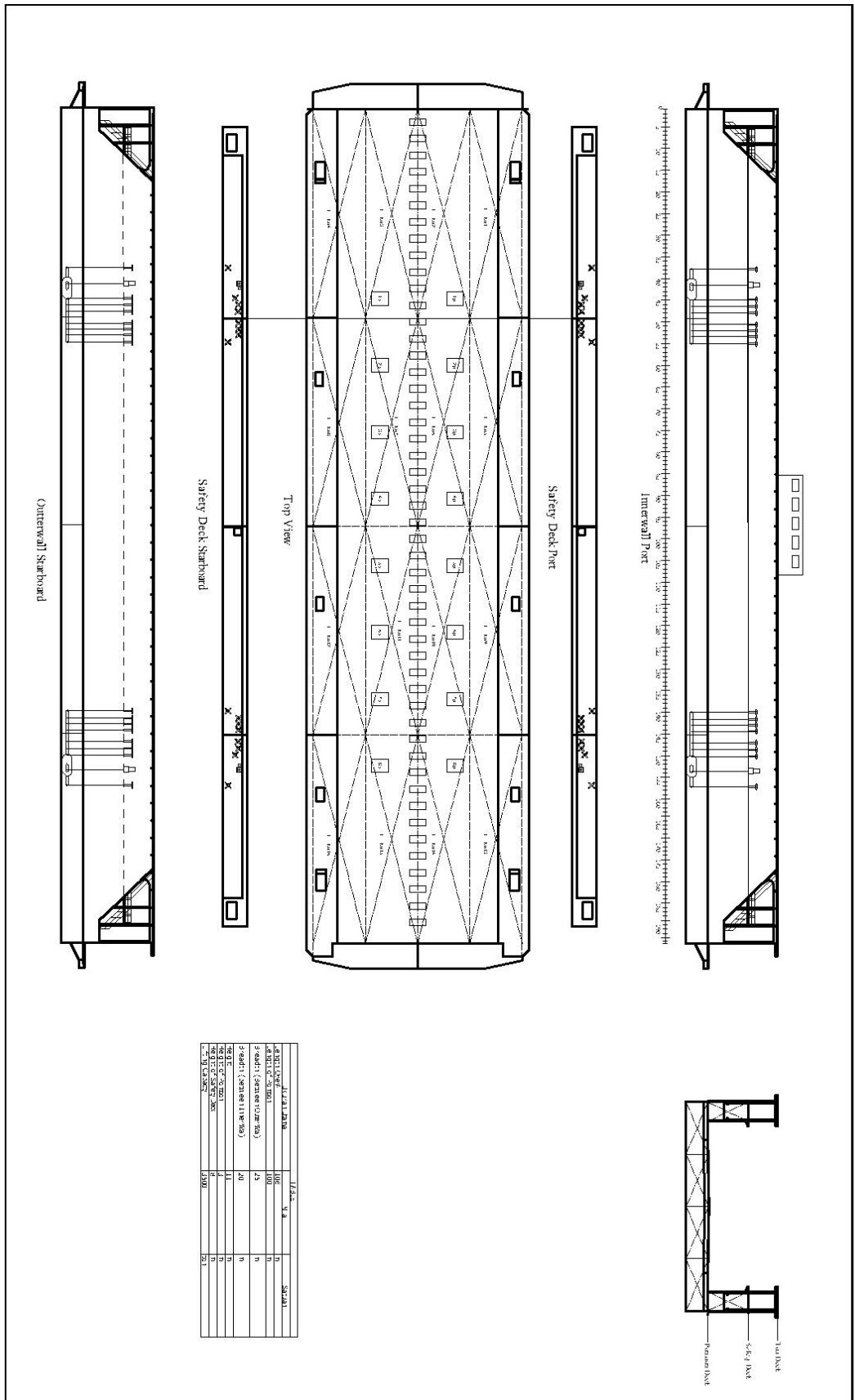
4.2.1. General Arrangement

Layaknya sebuah kapal, sebuah dok apung pasti memiliki yang namanya rancangan umum atau sering disebut dengan istilah *General Arrangement (GA)*. GA dok apung pada umumnya hampir sama seperti GA yang dimiliki kapal hanya mungkin bedanya GA yang dimiliki oleh kapal akan lebih rumit dan terdapat lebih banyak *outfitting* di dalamnya. Berbeda

dengan GA kapal, GA dari dok apung biasanya tidak terdapat ruangan yang disebut dengan ruang kamar mesin. Hal ini dikarenakan dok apung biasanya tidak memiliki mesin, hanya beberapa ruang pompa dan ruang *control* yang berada di geladak paling atas. Berbeda dengan definisi Rencana umum atau *General Arrangement* pada buku *Ship Design and Construction Bab III* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Ruangan-ruangan tersebut misalnya: ruang muat, ruang akomodasi, ruang mesin, dll. Di samping itu, juga meliputi perencanaan penempatan lokasi ruangan beserta aksesnya.

Konversi dari *single pontoon* menjadi *multi pontoon* ini nantinya akan mengubah bentuk konstruksi dok apung awal. Mulai dari posisi sekat, letak dari ruang pompa baru dan lama, posisi pipa baru dan pipa lama, serta letak dari *outfitting* yang berada di dok apung. Proses pembangunan yang dilakukan bergantung pada kondisi awal dok apung. Hal ini dikarenakan apabila proses konversi dilakukan tanpa memperhatikan kondisi awal dok apung maka kemungkinan untuk terjadi kesalahan dan pekerjaan yang sia-sia dapat dihindari. Pekerjaan yang sia-sia seperti contoh saat hendak membangun sekat yang baru namun ternyata posisi sekat yang lama berada di dekat sekat yang baru hanya terpaut beberapa gading hal ini akan sangat merugikan dan sia-sia dikarenakan ruangan yang tersedia sebagai tangki *ballast* akan sangat kecil dan memerlukan penambahan pompa baru yang dirasa sangat tidak efisien. Kondisi awal dok apung dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Pada dok apung JK V yang masih memiliki sistem *single pontoon* terdapat empat buah kompartemen yang dipisah oleh sekat kedap air dan tiap kompartemen memiliki empat ruang yang dipisah dengan sekat ber-*manhole*. Letak sekat pada *pontoon* inilah yang akan menjadi pertimbangan dalam melakukan proses konversi dok apung. Sekat tersebut nantinya harus dirombak ataupun tidak tergantung dari pemilihan metode konversi yang nantinya akan dilakukan. Sekat-sekat tersebut terletak pada gading 48, 96, dan gading 144. Sekat-sekat tersebut termasuk sekat yang kedap air sehingga dapat menjadi pertimbangan untuk letak pemotongan pada saat proses konversi dilakukan. Hal lain yang perlu diperhatikan selain dari letak sekat tersebut adalah posisi dari pipa dan pompa.

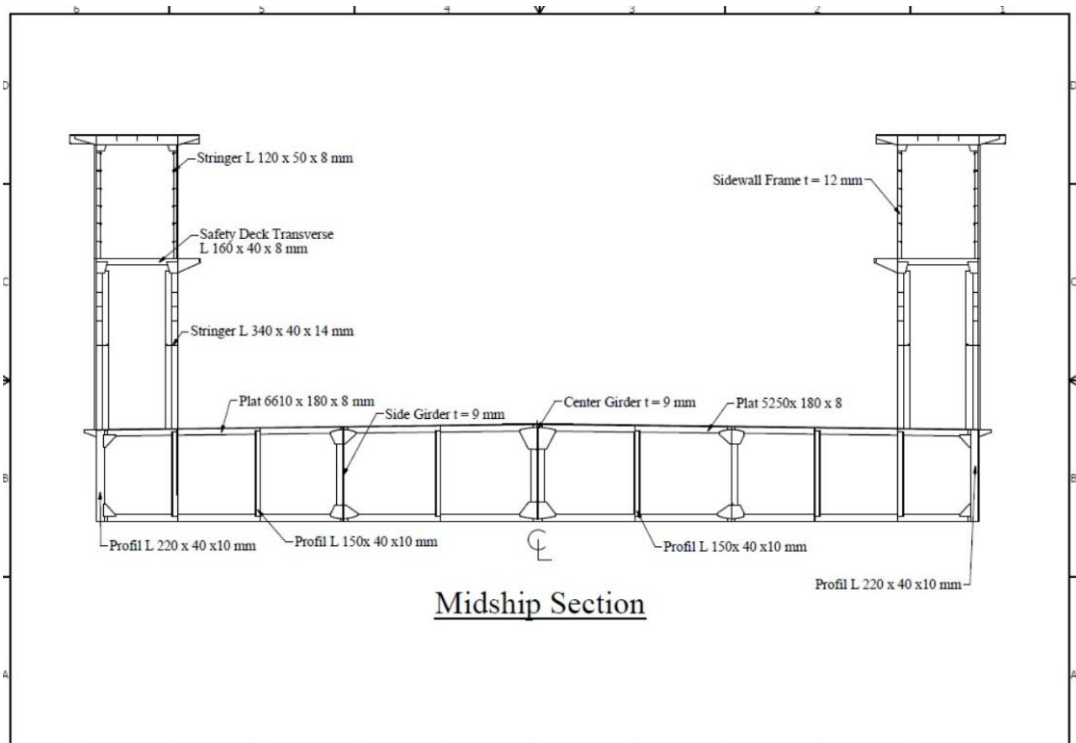


Gambar 4.1 Hasil Redraw General Arrangement Dok Apung

4.2.2. Midship Section

Midship section merupakan bentuk potongan melintang dari dok apung bagian tengah. Sebenarnya keseluruhan konstruksi untuk dok apung mulai dari gading pertama dan seterusnya memiliki konstruksi yang sama, sehingga dimana pun letak pemotongan untuk mengetahui kondisi dari konstruksi dok apung dapat dilakukan di gading nomor berapa saja tidak perlu dilakukan di *midship*. Berbeda halnya dengan kapal yang mana hanya pada bagian paralel *middle body* saja yang memiliki konstruksi yang sepenuhnya sama dan berbeda pada bagian ceruk *fp* dan ceruk *ap*. Sehingga hal tersebut mengharuskan pemotongan *midship section* dilakukan di tengah guna mengetahui gambaran dari konstruksi di dalamnya.

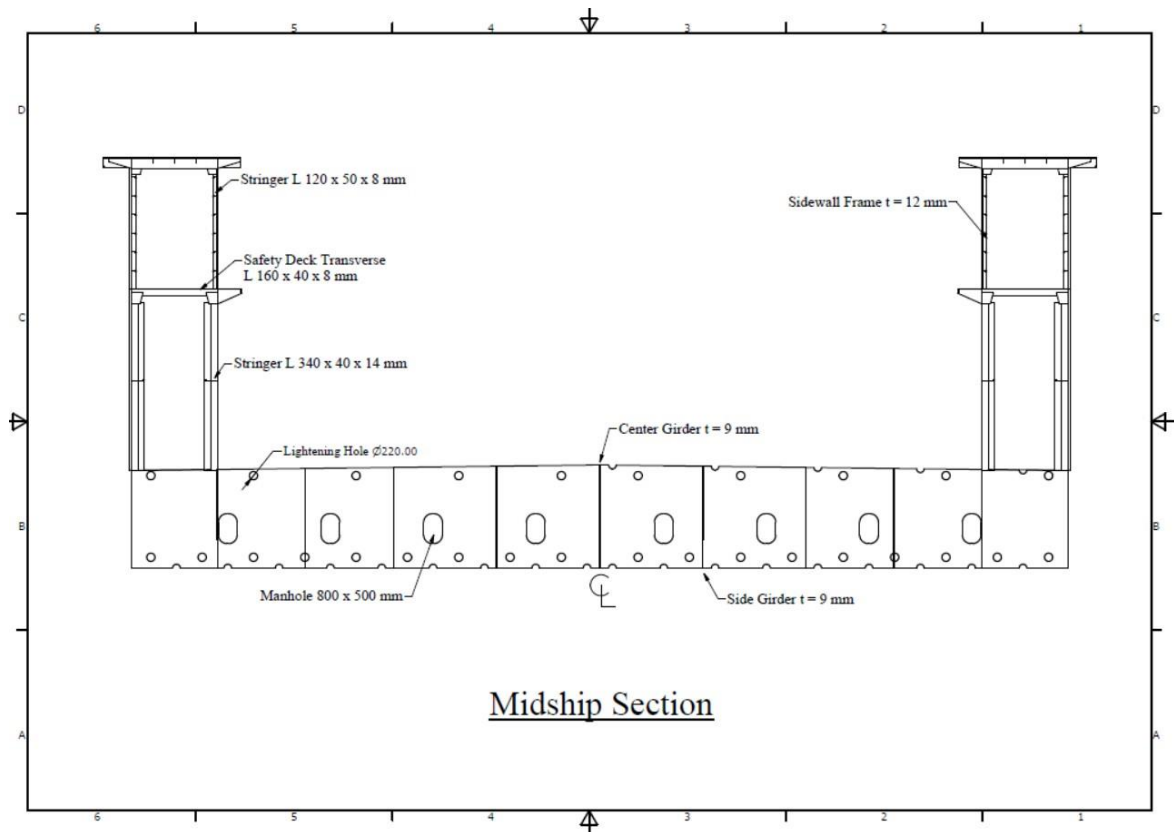
Midship section ini berguna untuk mengetahui gambaran dari konstruksi yang berada di dalam dok apung, konstruksi ini tidak nampak dari luar dikarenakan ditutupi oleh kulit *pontoon*. Desain yang ditunjukkan pada Gambar 4.2 di bawah ini merupakan hasil *redraw* dengan menggunakan *softawre CAD*. Pada tersebut ditunjukkan konstruksi pada gading kecil yang mana pada gading tersebut konstruksi *pontoon* diperkuat oleh *open floor*. Dapat dilihat pula pada Gambar 4.3 bahwa konstruksi dari dok apung ini memiliki sembilan buah girder yang memisahkan kompartmen pada *pontoon*. Satu buah center girder dua buah side girder tanpa *manhole* dan ke-enam sisanya memiliki *manhole*.



Gambar 4.2 Hasil *Redraw Midship Section* (Konstruksi Kecil)

Pada Gambar 4.2 ditunjukkan ukuran dari profil-profil yang digunakan sebagai penguat dalam konstruksi dok apung tersebut. Ukuran dari profil-profil tersebut adalah sebagai berikut:

1. Profil L 150 x 40 x 10 mm digunakan pada bagian penguat antara bagian *bottom* dari *pontoon* dan bagian *upper bottom* dari *pontoon*
2. Profil L 220 x 40 x 10 mm digunakan pada bagian penguat *pontoon* untuk kulit *pontoon* baik di bagian *portside* dan *starboard*
3. Profil L 340 x 40 x 14 mm digunakan sebagai *stringer* pada bagian *sidewall*
4. Profil L 160 x 40 x 8 mm digunakan sebagai *deck transverse* pada bagian *safety deck*
5. Profil L 120 x 50 x 8 mm digunakan pada bagian *stringer sidewall* bagian atas *safety deck*



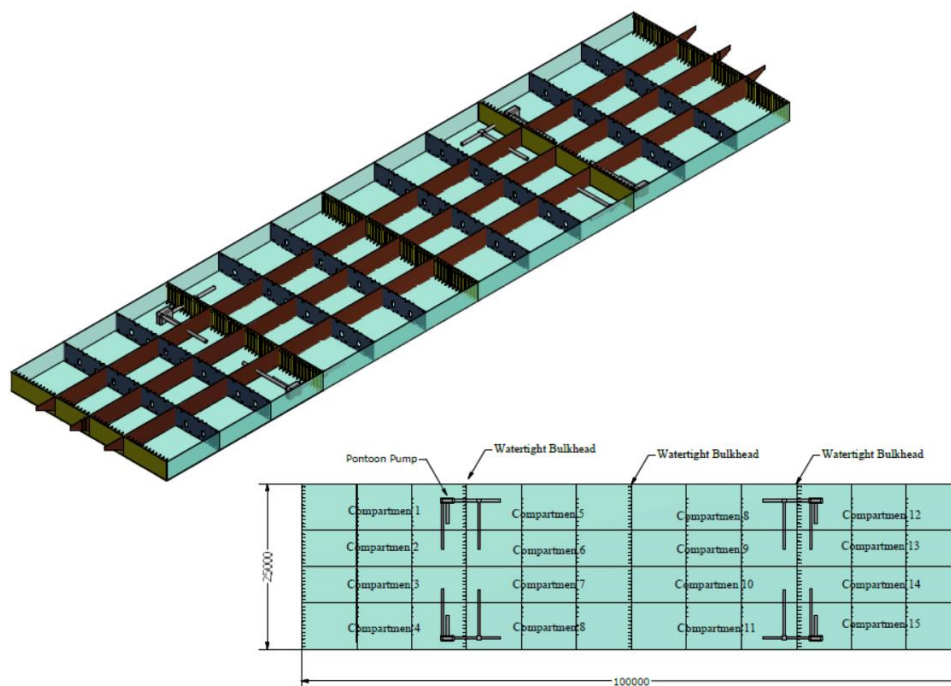
Gambar 4.3 Hasil *Redraw Midship Section* (Konstruksi Besar)

Gambar 4.3 menunjukkan kondisi penampang melintang pada dok apung penegar besar. Sejatinya, untuk konstruksi yang berada di gading kecil maupun gading besar pada konstruksi dok apung bagian *sidewall* tidak terdapat perbedaan. Perbedaan konstruksi terjadi pada bagian *pontoon* yang mana pada konstruksi kecil bagian *pontoon* diperkuat oleh *open floor* sedangkan pada konstruksi besar bagian *pontoon* diperkuat oleh *wrang plate* (lihat Gambar 4.3). *wrang plate* tersebut terbuat dari pelat dengan tebal 9 mm.

4.2.3. Pipe Lines

Pipa merupakan suatu komponen dalam dok apung yang tidak dapat dihiraukan sebab mempunyai peranan penting dalam operasional dari dok apung itu sendiri. Baik tidaknya sistem pipa dan pompa yang dimiliki dok apung mempengaruhi baik tidaknya kinerja dari dok apung itu sendiri. Pipa dan sistem pompa memiliki desain dan detail yang berbeda dari GA dan biasanya memiliki gambar desain yang terpisah dan hanya berfokus untuk memperjelas sistem pipa dan pompa yang dimiliki oleh dok apung. *Pipe Lines in Pumproom and Tunnel* merupakan detail dari sistem perpipaan, ruang pompa, dan *tunnel*. *Pipe Lines in Pumproom and Tunnel* berguna untuk melihat sistem perpipaan, ruang pompa, dan *tunnel* yang berada di dalam dok apung.

Desain ini merupakan gambar yang didapat oleh penulis sebagai dasar acuan dalam penentuan sistem perpipaan dan pompa pada dok apung hasil konversi nantinya. Pada Gambar 4.4 *Pipe Lines in* sistem perpipaan dan pompa pada dok apung dengan sudut pandang tampak depan dari dok apung. Sistem perpipaan dan pompa pada Gambar 4.4 *Pipe Lines in* merupakan keadaan awal sebelum dok apung dikonversi.



Gambar 4.4 *Pipe Lines in pontoon*

4.3. Kondisi Pontoon

Pontoon merupakan salah satu bagian pada dok apung yang mana pada bagian inilah proses konversi paling banyak dilakukan. Kondisi dari *pontoon* sangat mempengaruhi

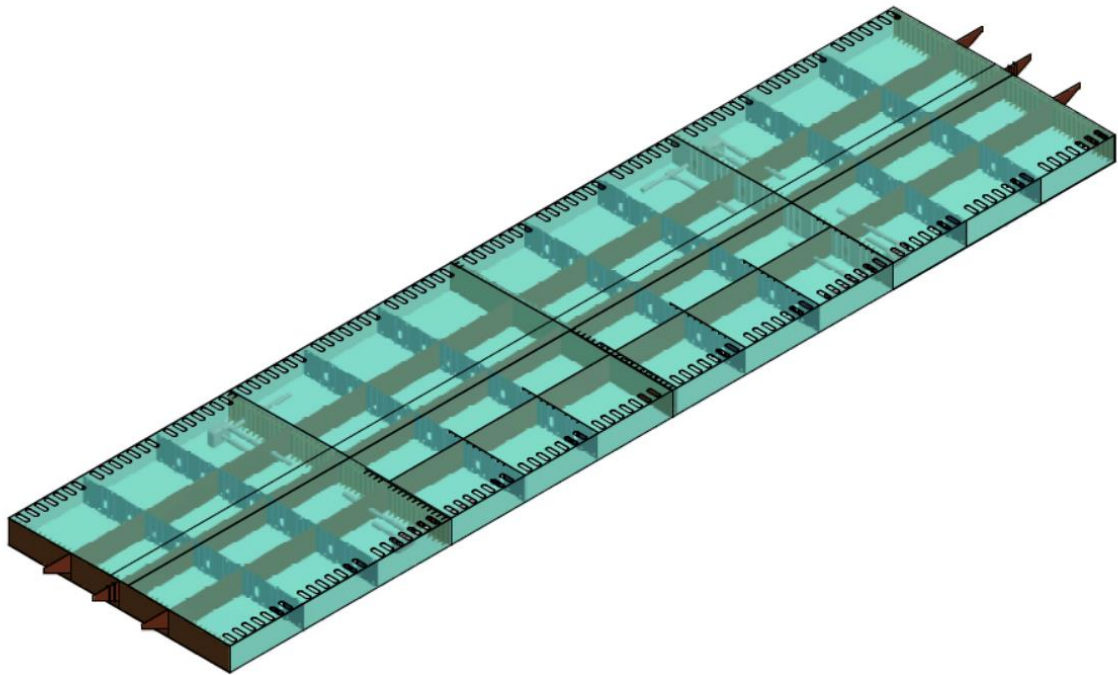
pemilihan metode konversi yang akan dilakukan, oleh karena itu meninjau secara seksama kondisi dari *pontoon* menjadi hal yang penting untuk dilakukan. Dok apung JK V memiliki *Pontoon* berjumlah satu karena dok apung tersebut masih memiliki sistem dok apung berupa *single pontoon*. Kondisi tersebut yang nantinya akan diubah atau dikonversi menjadi *multi pontoon* sehingga *pontoon* yang dimiliki oleh dok apung JK V nantinya akan berubah dari *single pontoon* menjadi 5 seksi *pontoon*. Proses konversi tersebut tidak dapat sembarangan dilakukan, oleh karena harus memperhatikan letak dari sekat-sekat seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat bahwa jumlah kompartmen yang dimiliki oleh dok apung berjumlah 16 kompartmen yang mana setiap 4 kompartmen dipisahkan oleh sekat melintang. Sekat tersebut memiliki dimensi yang sama antara satu dengan yang lainnya. *Pontoon* dari dok apung memiliki *principal dimensions* seperti ditunjukkan pada Tabel 4.2. Dimensi tersebut merupakan keadaan dari *pontoon* dok apung sebelum dilakukan konversi.

Tabel 4.2 *Principal Dimension Pontoon*

Ukuran Utama	Besar	Satuan
Length	100	m
Breadth (outer)	25	m
Breadth (inner)	19.2	m
Height	2.6	m
Jumlah Kompartmen	16	
Jumlah Sekat	4	

Tabel 4.2 menunjukkan ukuran utama dari *pontoon* yang dimiliki oleh dok apung JK V. *Pontoon* tersebut memiliki panjang sebesar 100 m dengan lebar sebesar 25 m dengan tinggi yakni 2,6 m. Ukuran utama tersebut merupakan ukuran dari *pontoon* sebelum dilakukan proses konversi. Proses konversi yang nantinya akan dilakukan akan mengubah ukuran utama dari *pontoon* tersebut, akan tetapi yang berubah hanya panjang dari *pontoon* karena proses pemotongan hanya akan dilakukan searah melintang kapal. Sehingga lebar dan tinggi dari *pontoon* dok apung tidak akan berubah. Pada saat konversi telah dilakukan diharapkan dimensi dari *pontoon* hasil konversi secara total apabila telah di *assembly*, panjang totalnya tidak akan lebih dari 100 m dan apabila terjadi pengurangan hal ini dapat dikatakan wajar karena nantinya akan ada penambahan jarak pada tiap bagian sekat tambahan yang berada di tiap-tiap *pontoon* yang baru.



Gambar 4.5 Kondisi Eksisting *Pontoon*

Gambar 4.5 menggambarkan keadaan dari *pontoon* dok apung sebelum dilakukan konversi. keadaan yang digambarkan sesuai dengan keadaan dok apung yang asli hanya saja konstruksi gading kecil tidak digambarkan. Jarak gading sebesar 520 mm, dan pada gading 16, 32, 48, 64, 80, 96, 112, 128, 144, 160, dan 176 terdapat sekat melintang. Kondisi *pontoon* yang digambarkan pada Gambar 4.5 tidak terdapat *sidewall* pada bagian kanan dan kirinya, *sidewall* tersebut tidak digambarkan untuk mendapat gambaran secara jelas tentang kondisi dari dok apung.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5.

DESAIN DAN PERENCANAAN KONVERSI

Desain dan perencanaan konversi yang direncanakan dan didesain dengan baik dapat mempengaruhi hasil dari konversi yang diharapkan. Oleh karena itu proses desain dan perencanaan ini dilakukan dengan sebaik mungkin untuk meminimalkan kemungkinan terjadinya kesalahan selama proses pekerjaan dan untuk membuat proses konversi menjadi lebih mudah dikarenakan arahan pekerjaan yang sudah jelas. Proses desain dan perencanaan konversi dilakukan dengan mempertimbangkan keadaan awal dari dok apung, hasil yang diharapkan, banyaknya penambahan dan pengurangan konstruksi, banyak pekerjaan yang perlu dikerjakan serta pengurangan *Ton Lifting Capacity (TLC)* yang terjadi. Dari hal-hal tersebut dipilih metode konversi yang paling sesuai untuk diterapkan pada konversi dok apung ini.

Metode konversi yang akan dipilih tentunya adalah metode dengan kelebihan lebih banyak dibandingkan dengan metode konversi lainnya. Terdapat banyak metode konversi yang dapat dilakukan, akan tetapi pada konversi dok apung ini *pontoon* dari dok apung yang awalnya *pontoon* tunggal akan diubah menjadi lima bagian *pontoon* dengan dimensi yang lebih kecil dari *pontoon* awal sebelum dikonversi. Pemilihan panjang *pontoon* hasil konversi didasarkan pada hasil akhir yang diharapkan oleh masing-masing metode. Pada konversi ini dok apung yang diambil sebagai kasus adalah dok apung Jayakarta V. Dok apung yang awalnya memiliki dimensi panjang sebesar 100 m dengan lebar 25 m dan tinggi total sebesar 10.43 m ini akan diubah menjadi *multi pontoon* dengan harapan tidak terdapat perubahan yang terlalu banyak pada ukuran utama dok apung maupun *TLC* dari dok apung itu sendiri. Dari desain dan perencanaan konversi ini diharapkan penurunan nilai *TLC* dari metode konversi dapat diketahui begitu pula dengan kemampuan dok apung untuk melakukan *self repair*, serta waktu pengisian *ballast* dan spesifikasi pompa yang dapat dipergunakan setelah konversi selesai dilakukan.

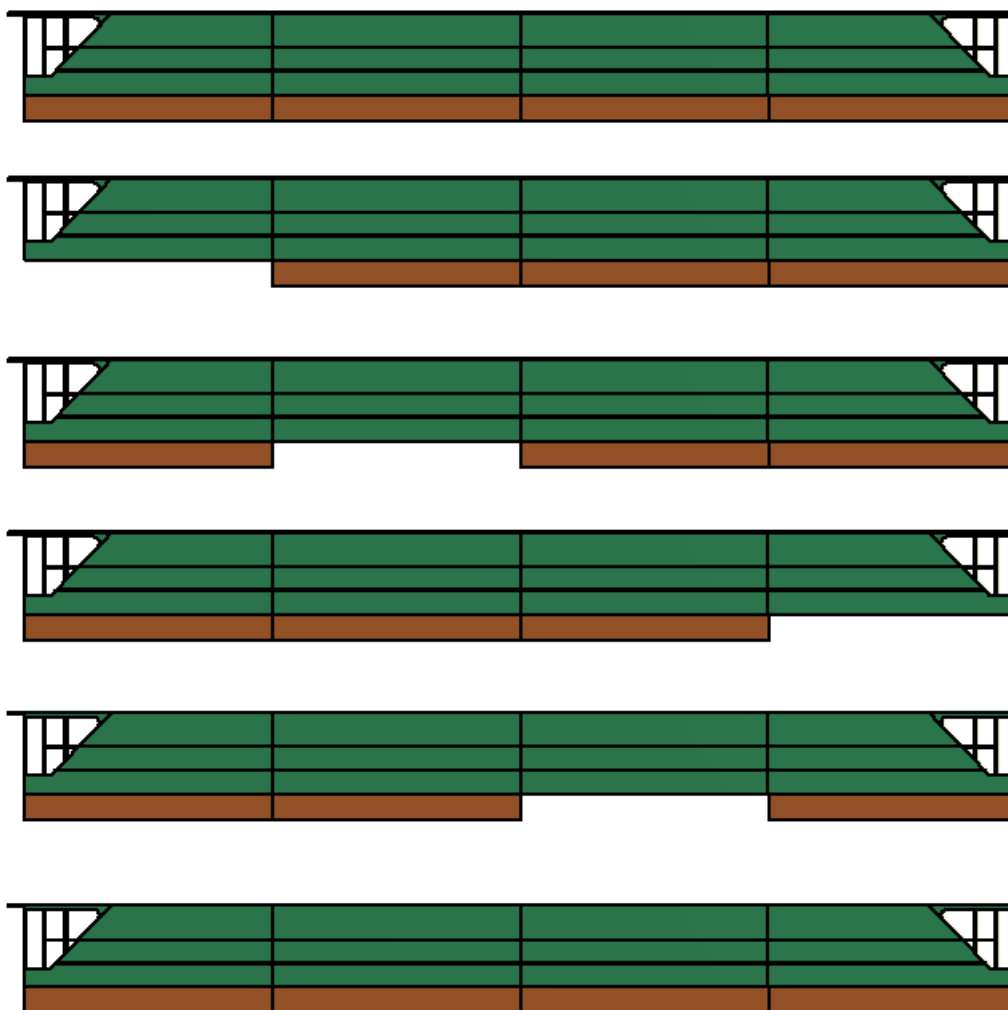
5.1. Metode Konversi

Metode konversi merupakan metode yang akan diterapkan pada proses konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon*. Metode konversi dok apung ini dilihat dari segi pembangunan. Metode konversi ini dapat diterapkan untuk mengubah dok apung dari yang awalnya *single pontoon* akan berubah menjadi *multi pontoon* dengan mempertahankan keadaan dari *sidewall* atau mengubahnya. Keduanya memiliki kekurangan dan kelebihan masing-

masing. Pemilihan metode konversi didasarkan pada kelebihan dan kekurangan masing-masing metode konversi saat diterapkan pada dok apung yang akan dikonversi, dalam kasus ini dok apung JK V. Metode tersebut yang nantinya akan menjadi alternatif pilihan produksi.

Alternatif produksi nantinya akan dipilih sesuai dengan metode mana yang akan diterapkan pada konversi ini. Adapun alternatif produksi tersebut yaitu:

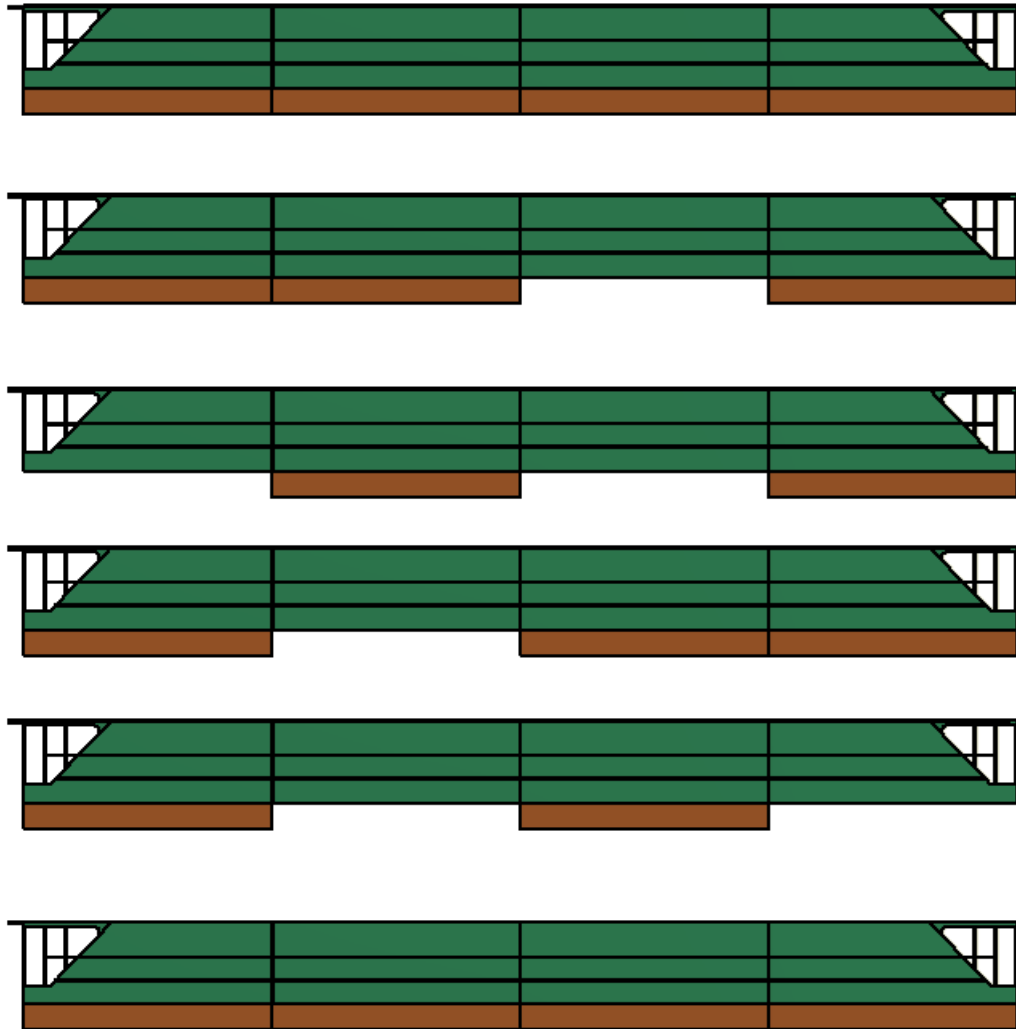
1. Pembangunan dok apung *multi pontoon* diawali dengan memotong kompartemen tidak berpompa
2. Pembangunan dok apung *multi pontoon* diawali dengan memotong kompartemen berpompa



Gambar 5.1 Metode Konversi 1 Dok Apung

Gambar 5.1 menunjukkan metode konversi 1 dok apung dari *single pontoon* menjadi *multi pontoon*. Pada gambar di atas dapat dilihat tahap pertama yakni memotong *pontoon* pada kompartemen 1 yang mana kompartemen tersebut memiliki pompa *pontoon* didalamnya, pada saat pemotongan selesai dilakukan dok apung tidak akan dapat berfungsi dikarenakan

kurangnya pompa untuk menenggelamkan dok apung tersebut. Dok apung yang memiliki pompa sejumlah 4 buah dengan kapasitas 1800 m³/h, 2 buah pompa tersebut berada pada kompartemen 1 ini. Sehingga apabila pompa tersebut dipisahkan dengan dok apung maka dok apung tidak dapat berfungsi seperti semula.



Gambar 5.2 Metode Konversi 2 Dok Apung

Pada Gambar 5.2 ditunjukkan metode konversi 2 dok apung dari *single pontoon* menjadi *multi pontoon*. Pada gambar di atas dapat dilihat tahap pertama yakni memotong *pontoon* pada kompartemen 3 yang mana kompartemen tersebut tidak memiliki pompa *pontoon* di dalamnya, pada saat pemotongan selesai dilakukan dok apung masih dapat berfungsi dikarenakan pompa untuk menenggelamkan dok apung tersebut masih dapat beroperasi. Pompa pada dok apung masih dapat beroperasi dengan syarat penutupan pelat dek pada *pontoon* yang diberi lubang selama proses konversi. Sehingga apabila pelat yang berlubang tersebut sudah tertutup maka dok apung masih dapat bekerja meski dengan pengurangan daya angkat yang besar.

5.1.1. Analisis Keuntungan dan Kerugian Alternatif Produksi

Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa alternatif produksi memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing tergantung dari segi mana hal tersebut ditinjau. Tidak ada alternatif produksi yang tidak memiliki kekurangan akan tetapi apabila sesuai suatu alternatif produksi dapat memiliki kekurangan yang sangat sedikit apabila diterapkan pada kondisi yang ideal. Kondisi ideal yang dimaksud tentunya dengan mempertimbangkan kondisi eksisting dari dok apung sebelum dilakukan konversi. Kondisi tersebut akan berpengaruh besar dalam pemilihan metode konversi yang akan dilakukan dikarenakan mempengaruhi banyaknya pekerjaan yang harus dilakukan.

Tabel 5.1 Kelebihan dan Kerugian Metode Konversi 1

Perbandingan	Kelebihan/Kerugian	Segi Teknis	Segi Ekonomis
Metode Konversi 1	Kelebihan	Pemasangan pompa dapat dilakukan bersamaan dengan proses produksi lain	Pekerjaan yang dilakukan diatas <i>dok</i> lebih sedikit
		Pekerjaan dapat dilakukan secara <i>continue</i>	
	Kerugian	-	Dok apung tidak dapat digunakan selama proses konversi

Tabel 5.1 menunjukkan kelebihan dan kekurangan dari metode konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* dengan menggunakan metode konversi 1, metode konversi yang diawali dengan melepas kompartmen 1 terlebih dahulu ini dilakukan untuk mempersingkat dan mempermudah pekerjaan yang perlu dilakukan di atas dok. Kelebihan dari metode ini kebanyakan dari segi teknis. Kompartmen 1 yang di potong tentu akan mengurangi pompa yang berada di dalam *pontoon* dok apung sehingga konsekuensinya adalah dok apung tidak dapat bekerja dikarenakan kekurangan pompa, akan tetapi dengan demikian proses pembongkaran pompa pada kompartmen 1 untuk dipasangkan pada *pontoon* berikutnya dapat dilakukan setelah proses konversi kompartmen 1 tersebut menjadi *pontoon* 1. Proses tersebut juga mempermudah pekerjaan yang perlu dilakukan di atas dok karena prosesnya yang bergantian dan teratur.

Tabel 5.2 Kelebihan dan Kerugian Metode Konversi 2

Perbandingan	Kelebihan/Kerugian	Segi Teknis	Segi Ekonomis
Metode Konversi 2	Kelebihan	Pemasangan <i>pontoon</i> hasil konversi dapat dilakukan 2 <i>pontoon</i> sekaligus	Selama proses konversi dok apung, dok apung tersebut sementara dapat digunakan
		Proses pekerjaan tidak dapat <i>continue</i>	Pekerjaan di atas <i>dock</i> lebih lama
	Kekurangan	Pekerjaan penyambungan <i>pontoon</i> lebih sulit	Untuk proses pemasangan pompa perlu menunggu pekerjaan kompartmen berpompa

Tabel 5.2 menunjukkan kelebihan dan kekurangan dari metode konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* dengan menggunakan metode 2, kelebihan dari metode ini adalah pada saat kompartmen 3 dipotong, dok apung masih dapat bekerja apabila *pontoon deck* yang telah dilubangi pada proses pemotongan dirubah menjadi kedap kembali. Metode ini memiliki kerugian waktu pengerjaan di atas dok yang lebih lama dikarenakan untuk melakukan pemindahan pompa dari kompartmen 1 perlu menunggu hingga kompartmen tersebut dipotong juga dari dok apung. Setelah kompartmen 1 dipotong dari dok apung maka dok apung tidak dapat digunakan kembali karena kekurangan pompa.

5.1.2. Penilaian Metode Konversi Kualitatif

Untuk proses penilaian pemilihan metode konversi dok apung 3500 TLC ini akan dilakukan dengan menggunakan beberapa atribut kualitatif sebagai dasar pemilihan. Atribut-atribut yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pengerjaan Teknis yang meliputi:
 - a. Kesulitan pekerjaan
 - b. Kontinuitas pekerjaan
2. Ekonomis, yang meliputi:
 - a. Waktu pekerjaan
 - b. Kemampuan dok apung bekerja selama konversi

Setelah atribut telah ditentukan maka selanjutnya yaitu melakukan penilaian pada kedua variasi ukuran *pontoon* terhadap masing-masing atribut/kriteria. Besar kecilnya nilai untuk masing-masing ditunjukkan dengan warna yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada

Tabel 5.3. *Cell* hijau menunjukkan nilai yang *preferable* sedangkan *cell* merah menunjukkan tidak *preferable*. Adapun hasil dari penilaian kualitatifnya adalah sebagai berikut

Tabel 5.3 Perbandingan Kualitatif Pembangunan *Multi Pontoon*

Atribut	Pertimbangan	Metode Konversi 1	Metode Konversi 2
Teknis	Jumlah Unit Kerja		
	Kontinuitas pekerjaan		
Ekonomis	Waktu Pekerjaan		
	Kemampuan dok apung bekerja selama konversi		

Dari Tabel 5.3 didapatkan bahwa pembangunan *multi pontoon* metode 1 atau metode yang memotong kompartmen berpompa terlebih dahulu atau metode 2 dengan memotong kompartmen tidak berpompa terlebih dahulu. Metode konversi dengan memotong kompartmen berpompa terlebih dahulu memiliki jumlah hijau terbanyak. Dengan ini berarti secara kualitatif pembangunan *multi pontoon* dengan memotong kompartmen berpompa terlebih dahulu memiliki tingkat preferensi lebih baik dibandingkan dengan memotong kompartmen tidak berpompa lebih dahulu.

Proses pemilihan selanjutnya akan dilakukan penilaian kualitatif dengan melakukan akumulasi bobot nilai masing-masing atribut pada kedua alternatif yang ada. Proses ini dilakukan dengan memberikan bobot pada masing-masing atribut seperti pada Tabel 5.4. Beberapa hal yang mendasari besarnya pembobotan adalah sebagai berikut :

1. Atribut ekonomi dianggap memiliki bobot tinggi, mengingat dalam jangka pendek dan jangka panjang diharapkan bahwa konversi dok apung ini memberikan fisibel dari aspek ekonomi.
2. Atribut pengerjaan memiliki bobot yang kecil, mengingat banyaknya jumlah unit kerja masih bisa diatasi.

Tabel 5.4 Pembobotan Atribut dan Pertimbangan

Atribut	Bobot	Pertimbangan	Bobot 2
Teknis	35 %	Kesulitan pekerjaan	50%
		Kontinuitas pekerjaan	50%
Ekonomis	65 %	Waktu Pekerjaan	40%
		Kemampuan dok apung bekerja selama konversi	60%

Setelah bobot ditentukan, maka masing-masing pertimbangan dikalikan dengan tingkat preferensi. Nilai preferensi 10 untuk *cell* hijau dan nilai *preferenci* 5 untuk *cell* merah. Total hasil penilaian kedua alternatif pembangunan dok apung *multi pontoon* dapat dilihat pada

Tabel 5.5 Total Nilai Penilaian Metode Konversi

Atribut	Bobot	Pertimbangan	Bobot	Nilai	Metode 1	Nilai	Metode 2
Teknis	35%	Jumlah Unit Kerja	50%	10	1,75	5	0,875
		Kontinuitas pekerjaan	50%	10	1,75	5	0,875
Ekonomis	65%	Waktu Pekerjaan	40%	10	2,6	5	1,3
		Kemampuan dok apung bekerja selama konversi	60%	5	1,95	10	1,9
Total Nilai					8,05		6,95

Tabel 5.5 menunjukkan bahwa pembangunan dok apung *multi pontoon* menggunakan metode 1 memiliki tingkat preferensi tertinggi yaitu sebesar 8,05. Untuk menjamin bahwa pembangunan dok apung *multi pontoon* dengan mempertahankan kondisi *sidewall* merupakan alternatif produksi paling sesuai, maka akan dilakukan perhitungan yang sama namun dengan menggunakan bobot yang berbeda-beda mulai dari 35% hingga 55% untuk masing-masing atribut seperti pada Tabel 5.6

Tabel 5.6 Nilai Preferensi untuk Skenario Bobot yang Bervariasi

Atribut	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
Teknis	35%	40%	45%	50%	55%
Ekonomis	65%	60%	55%	50%	45%
Nilai Preferensi	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3	Skenario 4	Skenario 5
Metode 1	8,2	8,35	8,5	8,35	8,65
Metode 2	6,95	6,8	6,65	6,5	6,35

Pada Tabel 5.6 terlihat bahwa untuk 5 skenario bobot atribut yang bervariasi, pembangunan dok apung *multi pontoon* dengan metode 1 tetap konsisten memiliki nilai preferensi yang paling tinggi. Sehingga membuktikan bahwa pada asumsi kondisi yang telah ditetapkan, maka pembangunan dok apung *multi pontoon* dengan metode 1 atau dengan memotong kompartmen berpompa terlebih dahulu.

5.1.3. Penilaian Metode Konversi Kuantitatif

Setelah penilaian metode konversi secara kualitatif dilakukan, langkah selanjutnya adalah melakukan penilaian berupa kuantitatif. Penilaian metode konversi secara kuantitatif ini

dinilai berdasarkan lama waktu pengerjaan yang diperlukan masing-masing metode konversi di atas dok. Perlu diketahui bahwa selama berada di atas dok, *pontoon* hanya dibongkar pompa dan dipotong beberapa lajur pelatnya saja sehingga waktu pekerjaan di atas dok relative singkat akan tetapi dari waktu pekerjaan di atas dok ini dapat diketahui mana metode yang paling sesuai untuk diterapkan. Diketahui dari data yang dimiliki penulis bahwa produktivitas pekerjaan yakni 15 Jo/ton dengan jumlah pekerja sebanyak 30 orang, sehingga diketahui bahwa lama pekerjaan pada tiap-tiap metode adalah sebagai berikut:

Tabel 5.7 Waktu Pekerjaan Metode 1 di atas Dok

Metode	Berat Pontoon	Item	Berat Total Item (ton)	Produktivitas (JO/ton)	Jml Pekerja (orang)	Jam Kerja jam/hari	Jumlah JO (JO)	Waktu Pembuatan (hari)
Metode 1	213.782	<i>Pontoon 1</i>	106.891	15	30	6	1603.363	8.9
	213.782	<i>Pontoon 2</i>	106.891	15	30	6	1603.363	8.9
	213.782	<i>Pontoon 4</i>	106.891	15	30	6	1603.363	8.9
	213.782	<i>Pontoon 3</i>	106.891	15	30	6	1603.363	8.9
Total								35.6

Diketahui bahwa untuk metode 1, proses pengerjaan dapat dilakukan secara bertahap karena pompa yang berada di *pontoon 1* dapat langsung dipindah dan dipasang pada *pontoon* selanjutnya sehingga pekerjaan memakan waktu yang lebih cepat. Total lama waktu pengerjaan metode 1 adalah selama 35,6 hari.

Tabel 5.8 Waktu Pekerjaan Metode 2 di atas Dok

Metode	Berat Pontoon	Item	Berat Total Item (ton)	Produktivitas (JO/ton)	Jml Pekerja (orang)	Jam Kerja jam/hari	Jumlah JO (JO)	Waktu Pembuatan (hari)
Metode 2	213.782	<i>Pontoon 1</i>	106.891	15	30	6	1603.363	8.9
	427.563	<i>Pontoon 2 + Pontoon 1</i>	213.782	15	30	6	3206.725	17.8
	213.782	<i>Pontoon 4</i>	106.891	15	30	6	1603.363	8.9
	427.563	<i>Pontoon 3 + pontoon 4</i>	213.782	15	30	6	3206.725	17.8
Total								53.4

Diketahui bahwa untuk metode 2, proses pengerjaan tidak dapat dilakukan secara bertahap karena pompa yang berada di *pontoon* 1 tidak dapat langsung dipindah dan dipasang pada *pontoon* selanjutnya sehingga pekerjaan memakan waktu yang lebih lama, akan tetapi dok apung masih dapat digunakan dengan konsekuensi penurunan TLC. Total lama waktu pengerjaan metode 2 adalah selama 53,4 hari. Sehingga untuk penilaian secara kuantitatif metode 1 lebih baik apabila diterapkan pada konversi dok apung.

5.2. Pengurangan *Ton Lifting Capacity* (TLC)

Ton Lifting Capacity merupakan kemampuan dari dok apung untuk mengangkat beban yang bekerja pada dok apung. *TLC* ditentukan berdasarkan dari dimensi dok apung itu sendiri. Dok apung yang akan dikonversi memiliki *TLC* sebesar 3500 ton dengan berat konstruksi kosong atau *Lwt* nya sebesar 1466,438 ton. *TLC* sebesar 3500 ton dijadikan *Dwt* dengan margin sebesar 10%. Sehingga *Dwt* yang diperoleh sebesar 3850 ton. Nilai *Lwt* dan *Dwt* ditambahkan untuk memperoleh nilai *Displacement*.

Displacement awal yang dimiliki dok apung adalah sebesar 5316,438 ton. Dari nilai *displacement* tersebut diketahui bahwa sarat kerja dok apung adalah sebesar 2,07 m. Sarat kerja tersebut berubah setelah proses konversi dok apung dilakukan. Setelah proses konversi dilakukan terjadi penambahan *Lwt* dikarenakan konstruksi sekat yang ditambahkan sehingga *Lwt* berubah menjadi 1518,799 ton. Dengan menggunakan *Dwt* yang sama yakni sebesar 3850 sarat kerja dari dok apung mengalami penambahan menjadi sebesar 2,11 m, terjadi penambahan sarat sebesar 0,04 m dari sarat awal sebelum konversi. Dari perbedaan sarat tersebut dapat diketahui penurunan *TLC* yang dialami dok apung setelah proses konversi adalah sebesar 158,667 ton. Nilai tersebut diperoleh dengan cara mengalikan luasan tercelup dok apung dengan massa jenis air laut kemudian dikali perbedaan sarat hasil konversi. Berikut merupakan contoh perhitungan sarat guna mengetahui penurunan *TLC* dok apung:

$$T = \frac{Lwt+Dwt}{L*B*\rho*Cb} \dots\dots\dots(5.1)$$

$$T = \frac{5316.438}{100*25*1.025*1}$$

$$T = 2.074708$$

Dengan menggunakan rumus 5.1 di atas maka didapat sarat kerja dari dok apung. Untuk rangkuman perhitungan dapat dilihat pada tabel di bawah:

Tabel 5.9 Rekapitulasi Perhitungan *TLC Single Pontoon*

Nama	Nilai	Satuan
L	100	m
B	25	m
H	10,93	m
H (Pontoon)	2,6	m
T (Kerja)	2,074708	m
T (Kosong)	0,572268	m
LWT	1466,438	ton
DWT	3850	ton
Displacement	5316,438	ton
Massa Jenis Air Laut	1,025	ton/m ³
H (Safety Deck)	7,42	m
Tmax-Tmin	1,502439	m
TLC	3850	ton

Tabel 5.9 menunjukkan keadaan *TLC* dari dok apung sebelum dilakukan proses konversi. Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa *displacement* dari dok apung sebesar 5316,438 ton dengan sarat kerja atau pada sarat saat kapal dimuati sebesar 2,074 m. Untuk mengimbangi *displacement* tersebut maka *bouyancy* yang dibutuhkan dok apung adalah sebesar 5316,438 ton nilai *bouyancy* harus sama dengan nilai dari *displacement*. Nilai *bouyancy* ini didapat dari mengalikan panjang dok apung dengan lebar dok apung dikali tinggi sarat kerja dikali massa jenis air.

Setelah proses konversi dilakukan dimensi dari *pontoon* mengalami perubahan sehingga mengakibatkan perubahan *TLC* dan juga *displacement* dari dok apung begitu juga dengan *bouyancy*-nya. Dengan menggunakan rumus 5.1 maka didapat besarnya sarat kerja dok apung setelah proses konversi dilakukan. (lihat Tabel 5.10)

Tabel 5.10 Rekapitulasi Perhitungan *TLC* Setelah Konversi

Nama	Nilai	Satuan
L pontoon 1	24,5	m
L pontoon 2	24,5	m
L pontoon 3	24,5	m
L pontoon 4	25	m
B	25	m
H	10,93	m
H (Pontoon)	2,6	m

Nama	Nilai	Satuan
T (Kerja)	2,114	M
T (Kosong)	0,589	M
LWT	1487,365	Ton
DWT or TLC	3850	Ton
Displacement	5337,365	Ton
Massa Jenis Air Laut	1,025	ton/m ³
H (Safety Deck)	7,42	M
TLC	3850	Ton
H(pontoon)-Tmax	0,485	M
	485	Mm

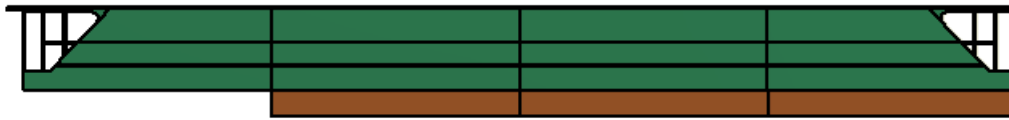
Tabel 5.10 menunjukkan keadaan *TLC* dari dok apung setelah dilakukan proses konversi. Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa *displacement* dok apung sebesar 5337,365 ton. *Displacement* tersebut lebih besar dari *displacement* dok apung sebelum dikonversi, terjadi perbedaan sebesar 20,92 ton. Perbedaan *displacement* tersebut dikarenakan penambahan konstruksi yang dilakukan sehingga mempengaruhi nilai *Lwt* dari dok apung. Dengan menggunakan *Dwt* yang sama dengan dok apung sebelum dikonversi maka sarat kerja dari dok apung berubah dari yang semula 2,07 m menjadi 2,11 m. perubahan sarat sebesar 0,04 m.

Pengurangan *TLC* tersebut dapat dihindari apabila *freeboard* dari dok apung pada saat bekerja tidak kurang dari 300 mm. sehingga dengan menggunakan *TLC* yang sama perlu dicari nilai dari *freeboard* dok apung untuk membuktikan apakah dok apung masih dinyatakan aman apabila bekerja pada *TLC* yang sama. Diketahui dari Tabel 5.10 bahwa nilai sarat kerja dok apung sebesar 2,11 m sedangkan tinggi dari *pontoon* adalah sebesar 2,6 m, sehingga nilai *freeboard* dari *pontoon* adalah sebesar 0,485 m atau 485 mm. Karena nilai *freeboard* tersebut lebih besar dari nilai *freeboard* yang diizinkan 485 mm > 300 mm. maka dapat dinyatakan bahwa dok apung setelah dikonversi masih memiliki *TLC* yang sama seperti saat sebelum dilakukan konversi.

5.3. Kemampuan *Self-Repair* Dok Apung

Hasil yang diharapkan dari proses konversi ini adalah kemampuan dari dok apung untuk melakukan *self repair*. *Self repair* sendiri merupakan kemampuan dok apung untuk melakukan perbaikan pada *pontoon* dok apung tanpa perlu melakukan *docking* seluruh bagina dok apung cukup *pontoon* yang akan di-*repair* saja yang dilepas dari dok apung. Saat proses *self repair* dilakukan dok apung masih dapat bekerja karena pompa eksisting telah dipindah sehingga tiap

pontoon memiliki satu buah pompa, selama proses *self repair* juga perlu diperhatikan penurunan TLC dok yang terjadi apabila satu bagian dari *pontoon* dilepas.



Gambar 5.3 Keadaan *self repair* Dok Apung

Pada Gambar 5.3 dapat dilihat keadaan dok apung saat *pontoon 1* dok apung dilepas untuk dilakukan *self repair*. Selama proses *self repair* berlangsung dok apung setelah konversi masih dapat bekerja dengan konsekuensi penurunan *TLC*. Untuk mengetahui besarnya penurunan *TLC* dok apung dihitung sarat yang terjadi pada kondisi *self repair* kemudian nilai sarat yang diperoleh dibandingkan dengan sarat awal sebelum proses *self repair*. Nilai sarat tersebut dikalikan dengan massa jenis air dikali dengan luas permukaan *buoyancy pontoon*.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Perhitungan *TLC* Kondisi *Self Repair*

Nama	Nilai	Satuan
L <i>pontoon 1</i>	24,5	m
L <i>pontoon 2</i>	24,5	m
L <i>pontoon 3</i>	24,5	m
B	25	m
H	10,93	m
H (Pontoon)	2,6	m
T (Kerja)	2,7019	m
T (Kosong)	0,687	m
LWT	1273,584	ton
DWT or TLC	3850	ton
Displacement	5123,58	ton
Massa Jenis Air Laut	1,025	ton/m ³
H (Safety Deck)	7,42	m
Perbedaan sarat sebelum <i>self repair</i>	0,587	m
Penurunan TLC	1113,786	ton
TLC	2736,21	ton

Pada Tabel 5.11 ditunjukkan bahwa *displacement* yang dimiliki oleh dok apung sebesar 5123,58 ton, *displacement* tersebut diperoleh apabila nilai DWT yang digunakan sebesar 3850

ton. Dari nilai *displacement* tersebut diperoleh bahwa sarat kerja dok apung menjadi 2,7 m, sarat tersebut melebihi ketinggian *pontoon* yakni 2,6 m sehingga penggunaan DWT tersebut tidak dapat dilakukan atau dengan kata lain TLC yang digunakan sebagai DWT kapal harus dikurangi, nilai pengurangan dilakukan dengan membandingkan tinggi sarat selama proses *self repair* dengan tinggi sarat dok apung hasil konversi sehingga diperoleh perbedaan sebesar 0,587 m. Perbedaan sarat tersebut dikalikan dengan massa jenis air kemudian dikalikan dengan luas permukaan *buoyancy pontoon* selama *self repair* yakni $(24,5 \text{ m} + 24,5 \text{ m} + 24,5 \text{ m}) \times (25 \text{ m})$. Sehingga didapat penurunan TLC yang terjadi sebesar 1113,786 ton, dapat disimpulkan bahwa saat proses *self repair* dok apung hasil konversi dilakukan maka TLC dok apung menjadi sebesar 2736,21 ton.

5.4. Penentuan Sistem Pipa dan Pompa Setelah Konversi

Setelah metode konversi sudah ditentukan, maka untuk selanjutnya dilakukan proses penentuan sistem pipa dan pompa baru. Pada metode konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* dengan *pontoon* berjumlah 5 posisi pompa yang berada di *pontoon* perlu dirubah. Posisi pompa *ballast* yang berada pada gading 39-43 dan pada gading 149-153 perlu dirubah. Hal tersebut dikarenakan peletakan sekat untuk pemisah antar *pontoon* berada atau memotong letak posisi dari pompa yang berada di *pontoon*. Hal ini tidak berlaku untuk pompa *bilge* yang berada di bagian *midship* dok apung. Perubahan posisi dari pompa ini juga membutuhkan pertimbangan serius mengenai proses pembongkaran konstruksi dok apung yang harus dilakukan guna menyiapkan ruangan pompa baru akan tetapi dapat juga menjadi sebuah keuntungan apabila memang digunakan sistem pompa yang baru sehingga dapat bekerja dengan lebih efisien.

5.4.1. Sistem Pompa

Sistem pompa merupakan sistem yang sangat berpengaruh besar pada kinerja dari dok apung. Oleh karena itu sistem pompa ini tidak dapat diabaikan pada saat melakukan konversi kapal, utamanya pemilihan pompa yang sesuai agar pada saat pengisian *ballast* dari dok apung tidak terjadi hal yang tidak diinginkan. Karena apabila salah satu dari pompa tidak mampu untuk mengisi *ballast* dengan waktu yang sama dengan pompa lain maka hal ini dapat mempengaruhi stabilitas dari dok apung.

Dok apung JAYAKERTA V memiliki 4 buah pompa *ballast* yang berada pada gading 39-43 bagian *starboard* dan *portside* juga pada gading 149-153 bagian *starboard* dan *portside*.

Pompa-pompa tersebut bertugas mengisi *ballast* yang berada di *pontoon*. Waktu dan kemampuan pompa beserta spesifikasi pompa dapat dilihat pada Tabel 5.13 dan Tabel 5.14

Tabel 5.12 Volume *Ballast* Dok Apung *Single Pontoon*

Pontoon Single		
Main dimension <i>pontoon</i>		
L	100	M
B	25	M
H	2.6	M
Ballast Capacity	6500	ton

Tabel 5.12 menunjukkan volume *ballast* yang dimiliki oleh dok apung sebelum dilakukan konversi. Ruang yang termasuk dalam perhitungan *ballast* tersebut sudah termasuk ke 16 kompartemen yang berada di *pontoon*. volume tersebut diisi dengan air *ballast* oleh 4 buah pompa dengan spesifikasi seperti pada Tabel 5.13. Keempat pompa ini nantinya perlu diubah letaknya akan tetapi tidak perlu diganti dengan kapasitas yang lebih besar maupun lebih kecil, hal ini dikarenakan pada saat konversi menjadi 5 seksi *pontoon* letak dari pompa-pompa *pontoon* tersebut berada didaerah potongan. Begitu pula dengan volume *ballast* baru yang harus dipenuhi oleh pompa menjadi semakin kecil sehingga pompa eksisting dirasa masih bisa digunakan.

Tabel 5.13 Spesifikasi Pompa Eksisting

Name	Type	Capacity (m^3/h)	H (m.w.g)	n (r.p.m)
<i>Ballast Pump</i>	<i>Nijhuis Type VMFGT 1-500320</i>	1800	6	980

Tabel 5.13 menunjukkan spesifikasi pompa-pompa yang berada di dok apung. Spesifikasi yang disebut sebelumnya masih belum memuat pompa baru yang akan dipasang pada *pontoon* hasil dari konversi. Pompa baru yang akan dipasang pada *pontoon* hasil konversi diharapkan memiliki kemampuan yang kurang lebih sama dengan pompa eksisting sehingga tidak terjadi masalah pada saat pengisian *ballast*.

Tabel 5.14 Waktu Pengisian *Ballast* Sebelum Konversi

Single Pontoon	C.pump =	V/t	
	t =	V/C.Pump	
		0.9	hours
		54.16666667	minute

Tabel 5.14 menunjukkan waktu pengisian *ballast* pada *pontoon* dok apung sebelum dilakukan konversi. Waktu tersebut diperoleh dengan membagi volume total ruang *ballast* *pontoon* sebelum konversi dengan kapasitas pompa (kemampuan pompa) dikalikan jumlah dari pompa. Dapat dituliskan juga seperti berikut:

$$\begin{aligned} \text{C.Pump} &= 1800 \text{ m}^3/\text{h} \\ \text{V} &= 6500 \text{ m}^3 \\ \text{Jumlah Pompa} &= 4 \\ \text{t} &= \text{V}/\text{C.Pump} \\ &= 6500/(1800 * 4) \\ &= 0.9 \text{ hours.} \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan tersebut diatas diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan oleh *pontoon* untuk mengisi *ballast* pada *pontoon*- nya yakni sebesar 54.16 menit. Dikarenakan oleh konversi yang telah dilakukan maka volume dari *ballast* pada *pontoon* yang harus diisi oleh pompa berkurang. (lihat Tabel 5.15)

Tabel 5.15 Kapasitas *Ballast Pontoon*

Multi Pontoon (pontoon 1)		
L	24,5	m
B	25	m
H	2.6	m
Capacity	1592,5	m ³
Multi Pontoon (pontoon 2)		
L	24,5	M
B	25	
H	2.6	
Capacity	1592,5	
Multi Pontoon (pontoon 3)		
L	24,5	M
B	25	
H	2.6	
Capacity	1592,5	
Multi Pontoon (pontoon 4)		
L	24,5	m
B	25	
H	2.6	
Capacity	1625	

Tabel 5.15 menunjukkan kapasitas *ballast* pada *pontoon* setelah dilakukan proses konversi dengan menggunakan metode konversi 1. Kapasitas *ballast* tersebut diperoleh dengan

mengalikan panjang *pontoon* dengan lebar *pontoon* dikali tinggi *pontoon*. Pompa *pontoon* eksisting dapat digunakan kembali akan tetapi letak posisinya perlu dirubah. Pompa eksisting dengan kapasitas atau kemampuan sebesar 1800 m³/h mampu digunakan kembali sebab ruang *ballast* pada *pontoon* setelah dikonversi menjadi lebih kecil. Waktu yang diperlukan untuk mengisi *ballast* pada salah satu *pontoon* hasil konversi dapat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 C. \text{ Pump} &= 1800 \text{ m}^3/\text{h} \\
 \text{Volume} &= 1274 \text{ m}^3 \\
 \text{Jumlah Pompa} &= 1 \text{ buah} \\
 t &= V / (C. \text{ Pump} * \text{Jumlah Pompa}) \\
 &= 1274 \text{ m}^3 / (1800 \text{ m}^3/\text{h} * 1) \\
 &= 0.7 \text{ h} \\
 &= 42.46 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas diketahui bahwa waktu yang dibutuhkan untuk mengisi *ballast* pada *pontoon* setelah proses konversi menjadi lebih singkat. Hal ini dikarenakan pompa yang digunakan sama seperti kondisi eksisting dan dikarenakan terdapat pengurangan ruangan pada *pontoon* maka volume *ballast* yang dibutuhkan juga berkurang sehingga waktu untuk pengisian *ballast* semakin cepat. Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan waktu pengisian *ballast pontoon* untuk semua *pontoon* hasil konversi:

Tabel 5.16 Rekapitulasi Perhitungan Waktu Pengisian *Ballast Pontoon* Hasil Konversi

Metode 1

Multi Pontoon (pontoon 1)		
C.pump =	V/t	
t =	V/C.pump	
	= (1592,5/1800)x60	
	53,083	menit
Multi Pontoon (pontoon 2)		
C.pump =	V/t	
t =	V/C.pump	
	= (1592,5/1800)x60	
	53,083	menit
Multi Pontoon (pontoon 3)		
C.pump =	V/t	
t =	V/C.pump	
	= (1592,5/1800)x60	

Multi Pontoon (pontoon 3)		
	53,083	menit
Multi Pontoon (pontoon 4)		
C.pump =	V/t	
t =	V/C.pump	
=	(1625/1800)x60	
	54,167	menit

Tabel 5.16 menunjukkan waktu yang dibutuhkan oleh pompa untuk mengisi *ballast pontoon* setelah proses konversi dilakukan. Waktu tersebut lebih singkat dari waktu pengisian sebelum dilakukan konversi. Untuk mendapat waktu pengisian seperti pada Tabel 5.15 diperlukan pompa dengan kapasitas 1800 m³/h pada tiap-tiap *pontoon*. Oleh karena itu penambahan pompa dengan kapasitas 1800 m³/h pada *pontoon* perlu dilakukan mengingat pompa eksisting dengan kemampuan yang sama hanya tersedia 4 buah sedangkan *pontoon* hasil konversi berjumlah 4 buah *pontoon*.

5.4.2. Sistem Pipa

Penentuan sistem pipa dan spesifikasi pipa yang sesuai juga sangat penting dalam proses konversi dok apung ini. Dikarenakan dengan kapasitas pompa yang berbeda maka spesifikasi pipa yang digunakan berbeda pula. Untuk menentukan spesifikasi pipa yang dibutuhkan, dilakukan pendekatan numerik sederhana yakni dengan mempertimbangkan kapasitas pompa yang diketahui lalu digunakan untuk mencari diameter dari pipa yang harus dipakai. Demikian pada Tabel 5.17 dijelaskan cara perhitungan diameter pipa dengan menggunakan kapasitas pompa yang diketahui.

Tabel 5.17 Diameter Pipa yang Dibutuhkan

Q =	V.A
A =	Q/V
	0.400 m ³
A =	π.r ²
r =	0.063694 m
d =	2..r
	0.127389 m
	127.3885 mm

Dari Tabel 5.17 Diameter Pipa yang Dibutuhkan diketahui bahwa dengan kapasitas pompa *ballast* pada dok apung *multi pontoon* dengan kapasitas pompa sebesar 1800 m³/h membutuhkan pipa dengan diameter 127.38 mm.

5.5. Penentuan Ukuran Konstruksi Tambahan

Setelah metode konversi sudah ditentukan begitu pula dengan sistem pipa dan sistem pompa yang baru maka langkah selanjutnya yang dapat dilakukan adalah menentukan ukuran dari konstruksi tambahan yang akan ditambahkan pada dok apung hasil konversi nantinya. Hal ini perlu dilakukan guna mengecek kembali ukuran dari konstruksi tambahan yang hendak ditambahkan baik dari ukuran pelat dan profil yang hendak ditambahkan pada dok apung hasil konversi. Konstruksi yang akan ditambahkan meliputi sekat (*watertight bulkhead*) beserta penguatannya dan juga pelat memanjang yang akan menutupi bagian bawah *sidewall* yang akan berlubang setelah proses konversi dilakukan dan profil yang akan digunakan sebagai penguat tambahan *sidewall* untuk mengatasi *defleksi* yang terjadi di *sidewall*.

5.5.1. Penentuan Tebal *Watertight Bulkhead*

Untuk menentukan tebal dari *watertight* baru yang akan dipasang pada *pontoon* hasil konversi dilakukan asumsi bahwa perhitungan untuk mencari tebal *watertight bulkhead* pada kapal sama dengan mencari tebal *watertight* pada dok apung. Berlandaskan pada asumsi tersebut maka dapat digunakan rumus dari Biro Klarifikasi Indonesia (BKI) untuk mencari tebal dari *watertight bulkhead*. Dengan demikian maka perhitungan yang dilakukan adalah sebagai berikut :

$$t = C_p \cdot a (p^{1/2}) + t_k \quad (\text{mm}) \quad \dots\dots\dots(5.2)$$

$$= 9,4 \text{ mm ; atau}$$

$$t_{\text{min}} = 6,0 \cdot (f^{1/2}) \quad (\text{mm}) \quad \dots\dots\dots(5.3)$$

$$= 9 \text{ mm ; dipilih yang terkecil}$$

Dari perhitungan diatas dapat diketahui bahwa tebal yang diperbolehkan untuk *watertight bulkhead* atau sekat yang baru yakni setebal 9 mm. Dengan mempertimbangkan keadaan *watertight bulkhead* pada dok apung sebelumnya yang memiliki tebal sebesar 10 mm. Maka sekat baru yang dipasang juga diharapkane memiliki tebal 10 mm. Agar lebih memudahkan proses konversinya.

5.5.2. Penentuan *stiffners* dari sekat

Untuk menentukan ukuran dari *stiffners* pada sekat baru yang nantinya akan dipasang pada *pontoon* hasil konversi dilakukan asumsi bahwa perhitungan untuk mencari ukuran *stiffners* dari sekat dok apung sama dengan perhitungan untuk mencari ukura *stiffners* dari kapal. Maka berlandaskan asumsi tersebut perhitungan untuk mencari ukuran *stiffners* dapat menggunakan rumus yang disediakan oleh BKI, adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$W = C_s \cdot a \cdot l^2 \cdot P \quad (\text{cm}^3) \quad \dots\dots\dots(5.4)$$

$$= 130,96 \text{ cm}^3$$

Ukuran profil yang direncanakan L 180 x 30 x 8

Dari perhitungan diatas didapat bahwa ukuran *stiffners* yang direncanakan yakni L 180 x 30 x 8. *Stiffners* ini memiliki ukuran yang sama dengan *stiffners* yang terdapat pada sekat eksisting yang berada di dok apung sehingga dapat dikatakan bahwa *stiffners* tersebut telah memenuhi baik dari ketentuan BKI maupun dari keadaan eksisting.

5.6. Perhitungan Besar Penambahan dan Pengurangan Konstruksi

Setelah proses penentuan ukuran dari penambahan konstruksi maka dapat diketahui besarnya penambahan dan pengurangan konstruksi yang diperlukan guna mengkonversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* dengan metode konversi 1. Pada proses konversi penambahan konstruksi dilakukan guna mendapat hasil konversi dok apung yang dikehendaki begitu pula dengan pengurangan beberapa bagian konstruksi untuk mendapat bentuk dari dok apung yang dikehendaki. Penambahan dan pengurangan konstruksi ini berbeda-beda tergantung pada metode konversi yang dipilih dan juga tergantung pada banyak pekerjaan yang harus dilakukan. Untuk volume dari penambahan sekat dihitung menggunakan rumus :

- Untuk Pelat

$$V = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tebal} \text{ (m3)} \quad \dots\dots\dots(5.5)$$

- Untuk Profil

$$V = \text{jumlah} \times \text{Panjang} \times [(l_{\text{web}} \times t_{\text{web}}) + (l_{\text{face}} \times t_{\text{face}})] \text{ (m3)} \quad \dots\dots\dots(5.6)$$

Tabel 5.18 Penambahan Konstruksi Dok Apung Metode 1

No	Item	Jumlah	Panjang(mm) / Luas(mm ²)	Tebal					Volume(m ³)	Massa Jenis (ton/m ³)	Berat(ton)	Total (ton)
1	Sekat	3	65000000	10					0.65	7.85	5.1025	15.30
2	Penegar Sekat	42	2600	L 180x30x8	180	8	30	8	0.004368	7.85	0.034289	1.440

No	Item	Jumlah	Panjang(mm) / Luas(mm ²)	Tebal					Volume(m ³)	Massa Jenis (ton/m ³)	Berat(ton)	Total (ton)
3	Penegar Sekat	42	2600	L 180x30x8	180	8	30	8	0.004368	7.85	0.034289	1.440
4	Penegar Sekat	42	2600	L 180x30x8	180	8	30	8	0.004368	7.85	0.034289	1.440
5	Pelat penutup Sidewall	6	2760000	10					0.0276	7.85	0.21666	1.299
6	Stringer Sidewall	12	85000	L 120x50x8	120	8	50	8	0.1156	7.85	0.90746	10.88
Total Penambahan Konstruksi												31.81

Pada Tabel 5.18 ditunjukkan besarnya penambahan konstruksi yang dibutuhkan untuk mengkonversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon*. Besarnya volume penambahan didapatkan dengan perhitungan menggunakan rumus 5.5 untuk pelat dan untuk profil menggunakan rumus 5.6. Setelah volume dari penambahan konstruksi berhasil didapat maka langkah selanjutnya adalah mengalikan volume yang sudah didapat tadi dengan massa jenis dari material yang digunakan, dalam kasus ini material yang digunakan adalah baja dengan massa jenis sebesar 7,85 ton/m³. Setelah proses perkalian dilakukan maka akan didapat berat dari penambahan konstruksi yang mana kemudian harga berat ini dikalikan lagi dengan jumlah item yang ditambahkan sehingga didapatlah nilai berat total penambahan dalam satuan ton. Konversi dok apung dari *single pontoon* menjadi *multi pontoon* ini membutuhkan 31,81 ton pelat baja sebagai tambahan konstruksinya secara total.

Tabel 5.19 Pengurangan Konstruksi Dok Apung Metode Konversi 1

No	Item	Jumlah	Panjang (mm) / Luas (mm ²)	Tebal (mm)				Volume (m ³)	Berat (ton)	Total (ton)
1	<i>Pontoon Shell</i>	6	12500000	10				0.125	0.98125	5,8875
2	<i>side pontoon shell</i>	6	1300000	10				0.013	0.10205	0,6123
Total										6,4998

Selain penambahan konstruksi yang dilakukan selama proses konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon*. Pengurangan konstruksi pun dilakukan guna mendapat hasil dari konversi yang diinginkan. Proses pengurangan ini berupa proses pemotongan bagian *shell* dari *pontoon* yang besarnya ditunjukkan pada Tabel 5.19. Proses pemotongan dilakukan pada kulit *pontoon* guna memisahkan *pontoon* menjadi beberapa seksi sesuai dengan jumlah seksi yang direncanakan. Dalam kasus ini diubah menjadi 4 seksi *pontoon*. bagian yang dipotong memiliki luas sebesar (25000+2600+2600+25000) x (500) mm besaran ini didapat dari jarak

gading dikalikan dengan keliling dari *shell pontoon* yang dipotong. Luas tersebut nantinya akan dikalikan dengan tebal dari pelat yang dipotong sehingga didapatlah besarnya volume pelat yang dipotong, langkah selanjutnya adalah mengkalikan volume pelat yang dipotong dengan massa jenis dari material pelat yang dipotong dalam kasus ini material yang digunakan adalah pelat baja dengan massa jenis $7,85 \text{ ton/m}^3$ sehingga didapat berat dari pengurangan konstruksi yakni sebesar 6,4998 ton.

5.7. Perhitungan Kekuatan Memanjang Dok Apung

Analisis dari kekuatan memanjang menggunakan metode elemen hingga. Bagian ini merupakan salah satu faktor yang menentukan pemilihan metode konversi dok apung. Permodelan dilakukan dengan menggunakan *software finite element analysis (FEA software)*. Hasil dari permodelan ini adalah mendapat harga tegangan dan defleksi dari *floating dock* yang diteliti pada saat *floating dock* sudah dikonversi.

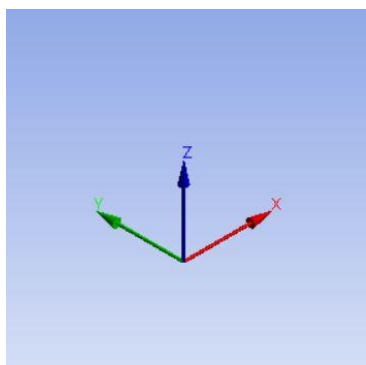
Lambung/ badan dari *floating dock* dimodelkan berdasarkan *drawings* yang didapatkan dari galangan kapal terkait. Setelah model selesai dibuat maka akan diberikan kondisi batas dan pembebanan sesuai kondisi pemuatan yang ada. Lalu hasil dari harga tegangan maksimum yang diperoleh dari permodelan dibandingkan dengan tegangan yang diizinkan oleh *class*.

5.7.1. Permodelan

1. Sistem Koordinat

Dalam perhitungan kekuatan memanjang ini menggunakan koordinat kartesian dalam tiga bidang dimensi. Berikut adalah rincian dari sistem koordinat yang digunakan :

- Sumbu X : adalah sumbu yang mengarah melintang kapal (*transverse*), berharga positif ke arah *portside*
- Sumbu Y : adalah sumbu yang mengarah panjang kapal (*longitudinal*), berharga positif ke arah depan (*fore*).
- Sumbu Z : adalah sumbu yang mengarah ke tinggi kapal (*vertical*), berharga positif ke arah tinggi kapal.



Gambar 5.4 Sistem Koordinat Model

2. Material Properties

Material yang digunakan dalam perhitungan kekuatan memanjang ini adalah *structural steel* (ASTM A36). Material ini adalah material yang umum digunakan dalam bidang konstruksi termasuk dalam bidang bangunan kapal. Berikut adalah *material properties* yang digunakan :

Tabel 5.20 *Material Properties*

No	Properti	Nilai	Satuan
1	<i>Density</i>	7,850	Kg/m ³
2	<i>Coefficient of Thermal Expansion</i>	1.2e-05	1/C
3	<i>Reference Temperature</i>	22	C
4	<i>Young's Modulus</i>	2e+11	Pa
5	<i>Poisson's Rasio</i>	0.3	
6	<i>Bulk Modulus</i>	1.6667e+11	Pa
7	<i>Shear Modulu</i>	7.6923e+10	Pa
8	<i>Tensile Yield Strength</i>	2.35e+08	Pa
9	<i>Compressive Yield Strength</i>	2.35e+08	Pa
10	<i>Tensile Ultimate Strength</i>	4.6e+08	Pa

(Sumber: ASME BPV)

3. Model

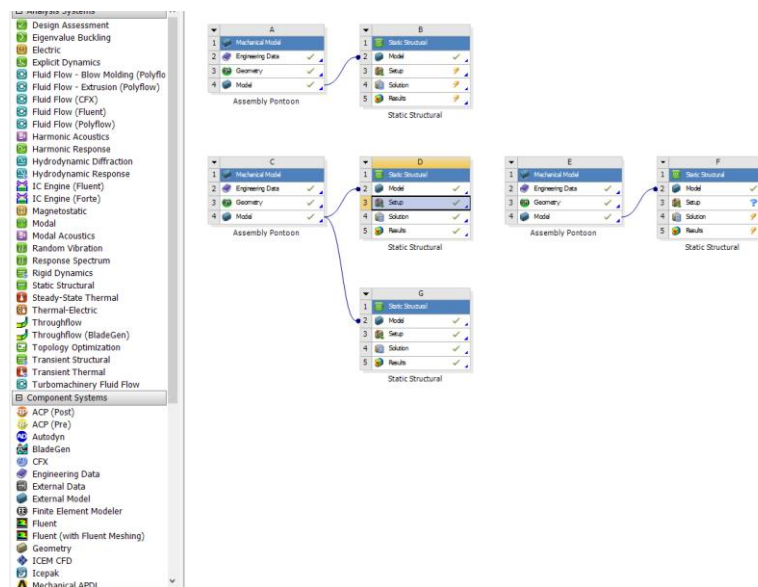
Permodelan dok apung dalam perhitungan kekuatan memanjang ini dilakukan dengan menggunakan bantuan program *finite element*. Model dibuat dengan 3D CAD (*Computer Aided Design*) *software* sebelum nantinya akan dilakukan prndiskritan model menjadi elem-elemen yang lebih kecil. Model dibuat berdasarkan data- data yang telah didapatkan.

Permodelan dibuat sesederhana mungkin dengan berfokus pada konstruksi yang berpengaruh besar terhadap hasil perhitungan kekuatan memanjang kapal. Bentuk kecil seperti

lubang-lubang kecil dan bracket yang tidak terlalu berpengaruh terhadap massa maupun kekuatan struktur maka dapat diabaikan. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses perhitungan dan agar mengurangi beban kerja yang dimiliki komputer.

4. Pemilihan jenis analisis

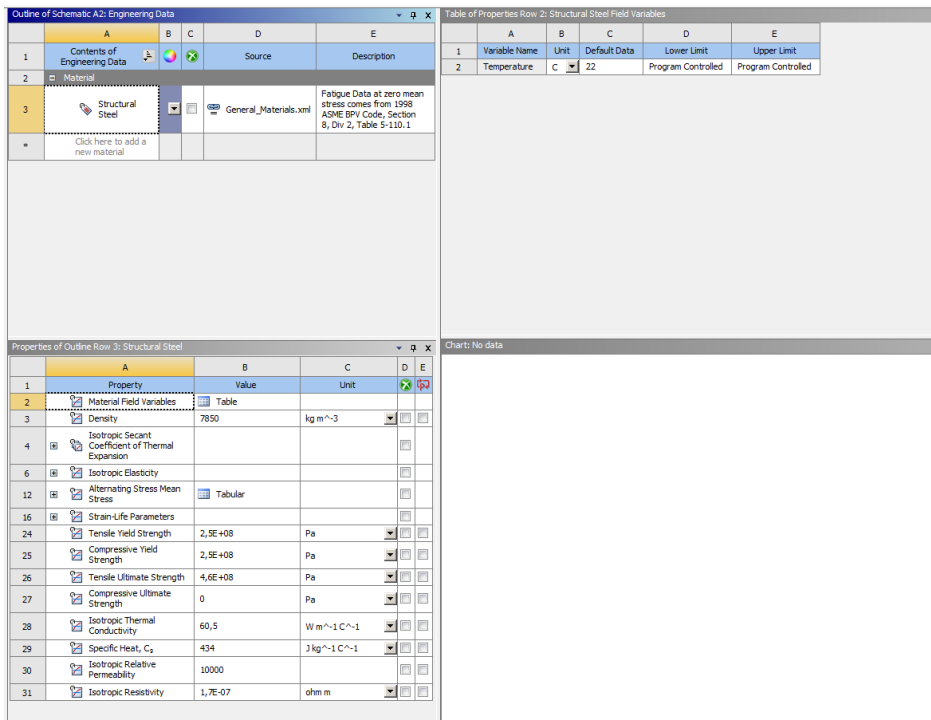
Dalam menggunakan program *FEA* terdapat berbagai pilihan analisis yang tersedia. Karena yang dicari adalah *hull deflection* maka yang digunakan dalam perhitungan kekuatan memanjang ini adalah *static structural analysis*.



Gambar 5.5 Tampilan Menu Pemilihan Jenis Analisis

5. Pemilihan *Material Properties*

Pemilihan material merupakan hal yang cukup krusial pada proses perhitungan kekuatan memanjang dikarenakan pemilihan material yang berbeda dapat menimbulkan hasil yang berbeda pula. Dengan memilih opsi *engineering data* pada kolom yang tersedia di *software FEA* akan membuka tab baru yang mengarah kepada *material properties* dari material yang akan digunakan. Dalam kasus ini dipilih *structural steel*.



Gambar 5.6 Tampilan Menu Pemilihan Jenis Material

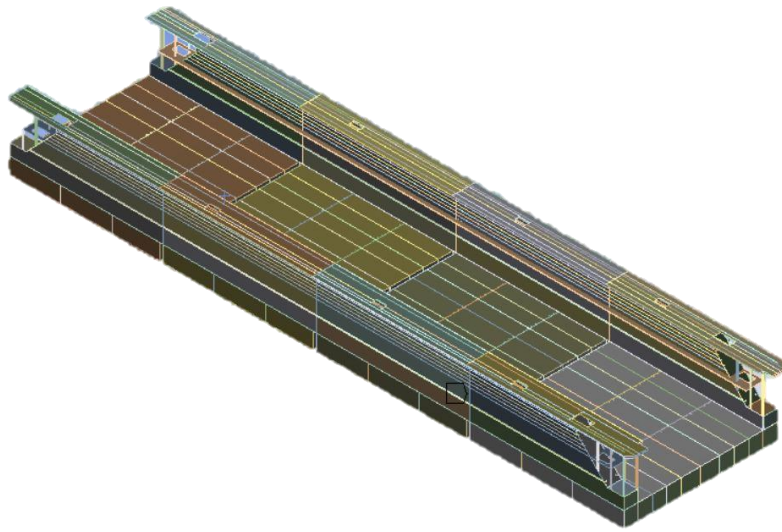
6. Pembuatan Geometri

Geometri dibuat berdasarkan data yang telah didapatkan berupa ukuran utama, dan *general arrangement*. Pada Tabel 4.1 *Principal Dimensions* Dok Apung dapat dilihat ukuran utama dari model dok apung.

Dalam pembuatan geometri pada *FEA software* dapat dilakukan dengan cara mengekspor *file* desain yang sudah di desain menggunakan aplikasi 3D CAD sehingga model yang diinginkan dapat digunakan dalam analisa pada *FEA Software*.

7. Finalisasi Geometri

Setelah proses pengeksportan geometri telah selesai maka langkah selanjutnya adalah memastikan bahwa setiap bagian dari geometri itu menyatu satu sama lain sehingga pada saat akan dilakukan pembuatan elemen nanti tidak ada elemen yang terputusa dan analisa bias dilakukan atau dalam istilah *FEA software* dapat di *running*. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk memastikan bahwa setiap bagian dari geometri tersambung adalah dengan menggunakan opsi *join* yang tersedia pada aplikasi 3D CAD.



Gambar 5.7 Model Dok Apung Satu Kesatuan

5.7.2. Meshing

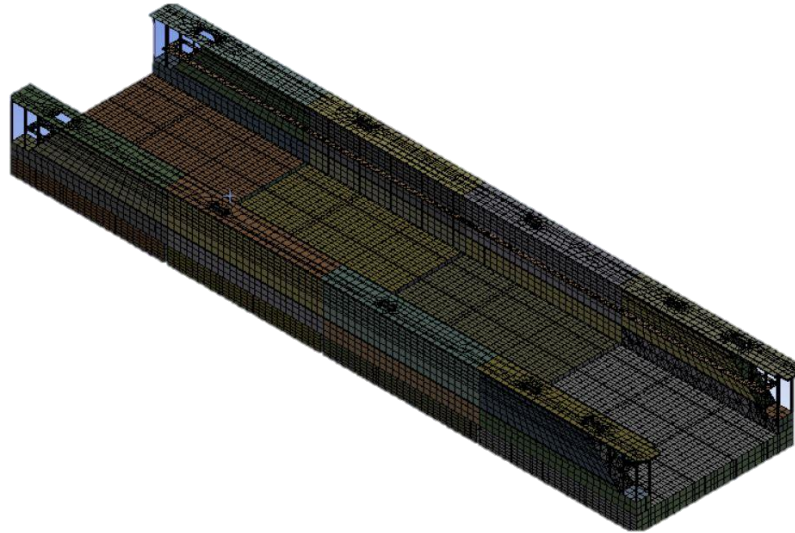
Meshing adalah suatu proses dalam FEA untuk membagi keseluruhan sistem menjadi elemen-elemen yang lebih kecil guna mendapat hasil analisa yang detail pada keseluruhan sistem. *Meshing* dapat dilakukan dengan memilih opsi *model* pada tab *static structural* pada *FEA software*. Penggunaan program ini berbeda dengan program sebelumnya, disini program tersebut hanya digunakan untuk membuat model. Pada bagian ini program yang digunakan berfungsi untuk mendefinisikan model yang telah dibuat sebelumnya.

Definisi yang dimaksud adalah definisi elemen apa yang akan digunakan untuk model yang telah dibuat. Dalam *FEA software* digunakan tiga jenis elemen utama yang terpilih secara otomatis sesuai dengan keadaan model yang dibuat. Ketiga jenis tersebut adalah:

1. *Shell element* : terpilih secara otomatis apabila model dibuat dengan menggunakan *surface*.
2. *Beam element* : terpilih secara otomatis apabila model dibuat menggunakan *line* yang memiliki *cross section*.
3. *Solid element* : terpilih secara otomatis apabila model dibuat dengan menggunakan *solid*.

Pada perhitungan kekuatan memanjang ini yang digunakan adalah *surface* dan *line* maka elemen yang digunakan adalah *shell element* dan *beam element*. Untuk jenis *meshing* yang digunakan adalah *coarse mesh* dimana ukuran elemen yang digunakan relative besar (tidak halus). Alasan pemilihan jenis *meshing* tersebut adalah untuk analisa jenis ini membutuhkan

hasil perhitungan global *mesh* jenis *coarse* adalah yang paling efektif. Selain itu karena keterbatasan kapasitas komputer yang dimiliki oleh penulis sehingga apabila menggunakan elemen yang terlalu banyak (*fine mesh*) akan membebani komputer dan bisa terjadi *error* atau *hang*.



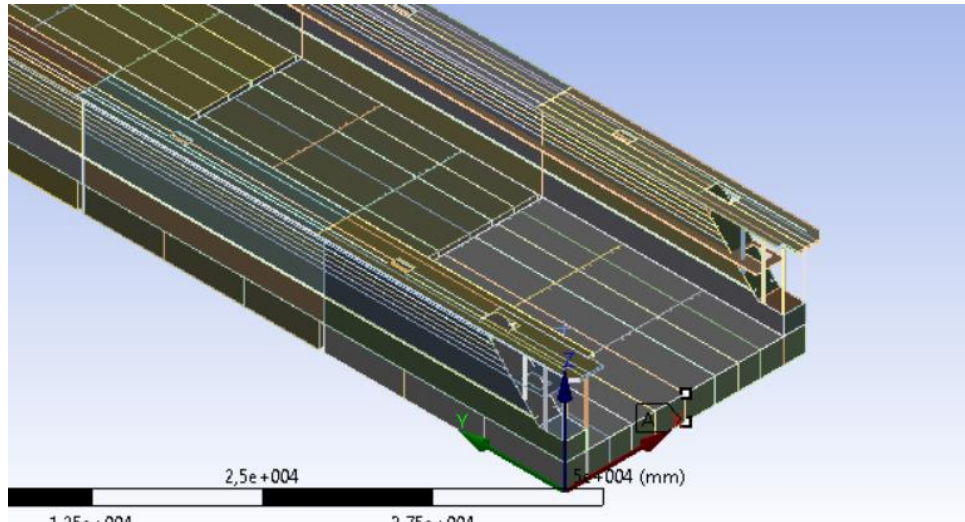
Gambar 5.8 *Full Model Mesh*

5.7.3. Kondisi Batas

Dok apung sebagaimana dalam kondisi normal, pada proses perhitungan kekuatan memanjang dibuat demikian. Badan dari dok apung tidak di *support fixed* dalam arah manapun. *Stabilitas* dan *motion restraint* diperoleh dengan menyeimbangkan gaya-gaya yang bekerja pada lambung dok apung. Semua node dalam FEA analisis dapat bergeser secara rotasi dan translasi sesuai dengan 6 derajat kebebasan. Jadi, hal ini perlu dibatasi dengan memberi kondisi batas pada arah gerak translasi xyz dan memberi kondisi batas sehingga arah rotasi x, y, dan z axes pada model secara global dapat dibatasi sehingga memperoleh keadaan yang stabil.

Untuk memperoleh keadaan yang stabil, satu poin di setiap *aft end wall* dan *forward end wall* dibatasi secara penuh terhadap arah gerak translasi. Namun tidak dibatasi untuk bergerak secara rotasi, poin yang lain dibatasi searah z sehingga stabilitas didapatkan untuk mengatasi arah gerak rotasi. Begitu pula dengan kondisi batas pada poin lainnya. *Single point constraint* dapat menimbulkan stress yang terkonsentrasi pada nodes karena ketidakseimbangan, yang mana hal ini tidak terjadi pada kasus yang sebenarnya. Jadi untuk mengatasi hal tersebut *rigid nodes* diaplikasikan kepada tempat berdatangnya kondisi batas tersebut. Hasilnya akan menjadi *single point support* akan tetapi gaya yang terjadi akan dibagikan kepada nodes

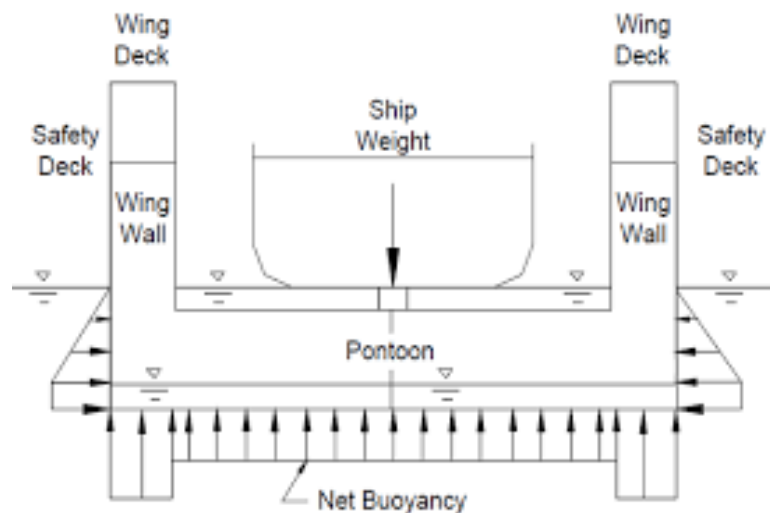
yan bekerja disekitarnya. Untuk lebih jelasnya kondisi bata dapat dilihat pada Gambar 5.9 Kondisi Batas.



Gambar 5.9 Kondisi Batas

5.7.4. Pembebanan

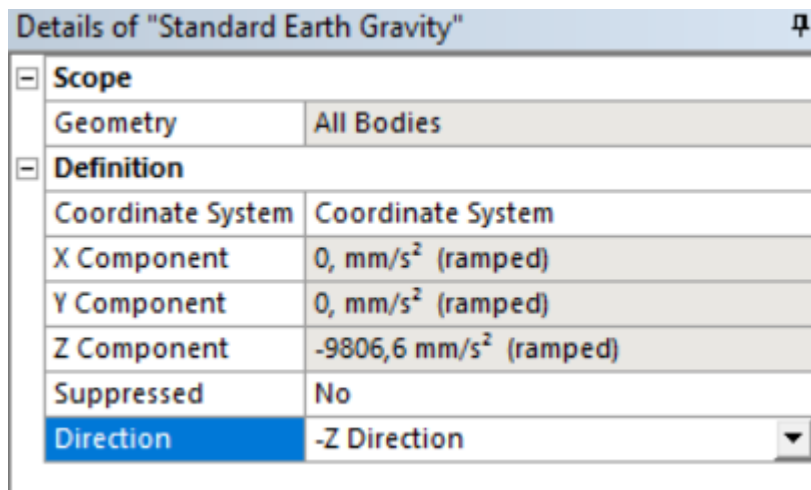
Beban-belan yang bekerja pada pengujian kekuatan memanjang dok apung menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan. Semua beban yang diaplikasikan pada pengujian haruslah berada pada keadaan seimbang. Untuk mendapatkan kondisi ini semua beban yang bekerja kearah atas dan semua beban yang bekerja kearah bawah haruslah bernilai sama. Beban yang bekerja kearah bawah adalah berat baja dan berat muatan sedangkan beban yang bekerja kearah atas adalah *bouyancy* atau tekanan hidrostatis.



Gambar 5.10 Static Load Component of Floating Dock

1. Beban Struktural (beban baja)

Beban baja adalah beban yang dihasilkan dari beban struktur itu sendiri. Beban ini dipengaruhi dari massa jenis baja dan volume dari lambung dok apung serta seluruh konstruksinya. Berat dari struktur ini didapat dengan bantuan *FEA software* yang secara otomatis menghitung volume serta massa dari model yang telah dibuat sesuai dengan massa jenis yang digunakan. Setelah didapat massa dari model langkah selanjutnya adalah memasukkan beban inersia (*inertial load*) berupa *standart gravity* (gravitasi bumi) yang berharga 9.8066 m/s^2 . Sehingga massa dari model tadi dapat dijadikan sebagai beban berupa gaya berat yang arahnya ke bawah (sumbu $-z$). perintah yang digunakan adalah *static structural > inertial load > standart earth's gravity >* masukkan nilai yang diinginkan dalam hal ini negative ke sumbu z.

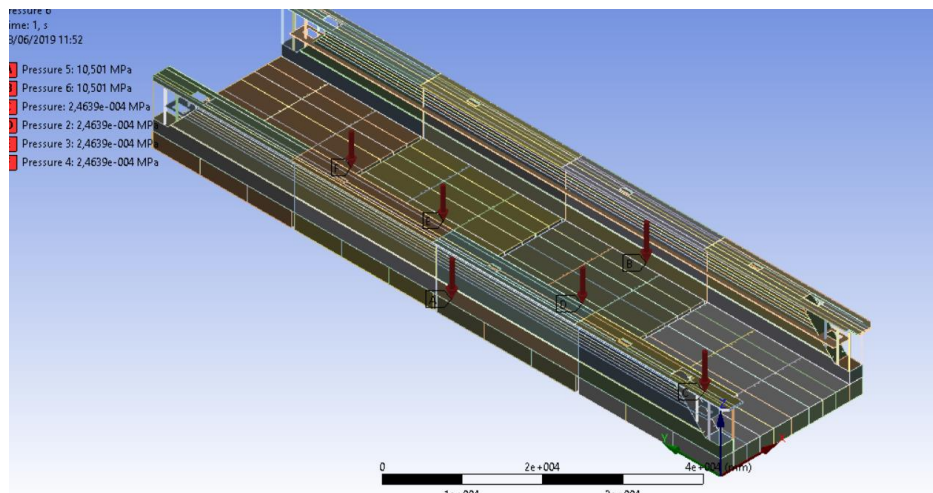


Gambar 5.11 Kotak Dialog Input Gravitasi

2. Beban Tangki

Beban tangka adalah beban yang bekerja ke arah bawah sama halnya dengan beban baja. Beban ini besarnya dipengaruhi oleh seberapa berat air yang berada pada suatu compartment yang ada pada dok apung. Untuk mendapatkan berat dari tiap-tiap tangka adalah dengan menghitung volume air pada tiap-tiap tangka dan mengalikannya dengan massa jenis air maka akan didapatkan massa dari air pada tiap tangki. Setelah mendapat massa dari masing-masing tangka langkah selanjutnya adalah mengaplikasikan massa tersebut sebagai beban pada model. Berat tangka ini diaplikasikan sebagai *pressure* atau tekanan pada permukaan yang berhubungan dengan permukaan tersebut. Besarnya harga tekanan didapatkan dengan mengkonversi massa dari tiap tangka menjadi gaya berat dan membagi gaya tersebut dengan luasan dari masing-masing tangka yang didapat dengan bantuan *FEA software*. Setelah didapatkan harga tekanan

dari tiap-tiap tangka maka langkah selanjutnya adalah memasukkan data tersebut pada model yang ada di *FEA software*. Perintah yang digunakan adalah *static structural > loads > pressure > scoping method* pilih *geometric location > pilih surface* yang bersangkutan > masukkan harga tekanan dan arahnya (dalam hal ini ke arah sumbu z dengan harga negative).

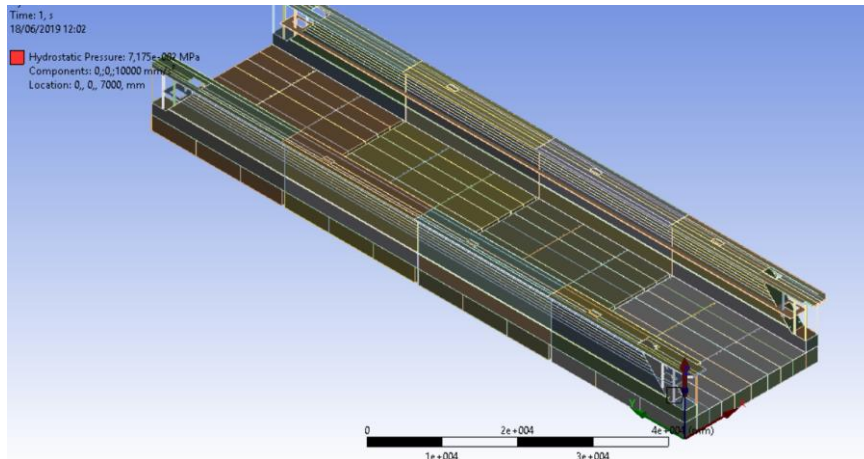


Gambar 5.12 Beban Tangki

3. *Hydrostatic Pressure*

Setelah semua beban yang bekerja ke bawah sudah didefinisikan, maka langkah selanjutnya adalah mendefinisikan beban yang bekerja ke arah atas sebagai penyeimbang dari gaya ke bawah. Gaya ke atas ini adalah *buoyancy* atau *displacement* yang secara definisi adalah beban dari tekanan air yang diaplikasikan ke lambung dok apung setinggi sarat yang dimiliki oleh dok apung tersebut.

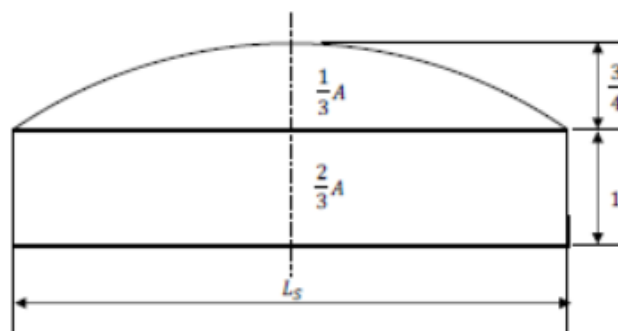
Beban ini cukup sulit untuk diaplikasikan karena pada *FEA software* yang digunakan opsi untuk mengaplikasikan beban tersebut tidak tersedia. Maka pendekatan yang digunakan untuk mengaplikasikan beban ini adalah dengan menghitung luasan permukaan yang tercelup kemudian dikalikan dengan sarat dok apung untuk mendapat volume setelah itu dikalikan dengan massa jenis dari air laut sehingga didapatkan nilai *buoyancy* yang diinginkan. Setelah itu diaplikasikan dengan menggunakan opsi *pressure* hanya saja arahnya ke arah z dengan harga positif.



Gambar 5.13 *Hydrostatic Pressure*

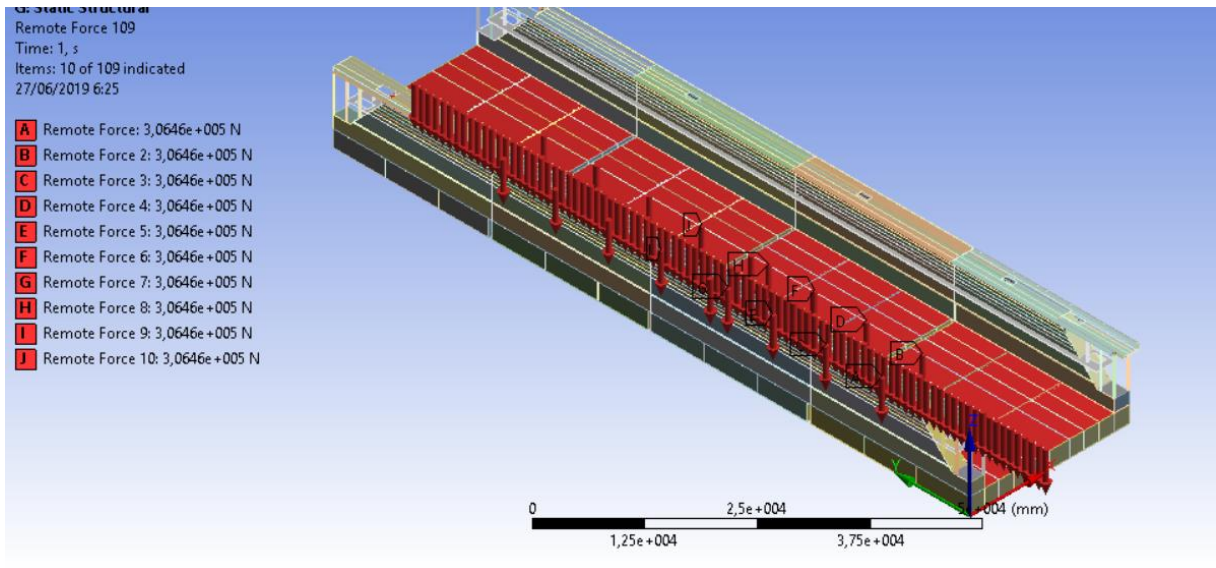
4. Beban Muatan

Beban muatan yang dimaksud disini adalah beban yang yang dihasilkan oleh kapal yang berada di dok apung. Untuk kasus ini dok apung memiliki beban muatan sebesar 3500 ton dan beban tersebut di distribusikan tidak langsung pada satu surface melainkan pada beberapa surface dengan titik pusat beban yang berbeda-beda hal ini dikarenakan beban tersebut diasumsikan ditumpu oleh *keel block* dan *side block* yang berada sepanjang kapal. Beban yang ditanggung oleh tiap-tiap *keel block* dan *side block* diasumsikan memiliki nilai yang sama. Pendistribusian beban ini ditempatkan sesuai dengan letaknya sehingga dapat menyerupai Gambar 5.14 *Grafik Persebaran Beban Kapal* untuk persebaran beratnya.



Gambar 5.14 *Grafik Persebaran Beban Kapal*

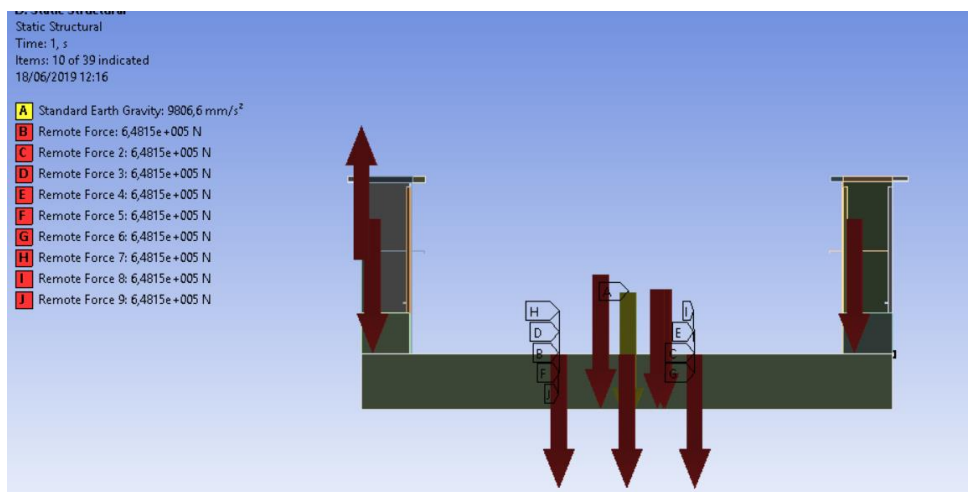
Untuk lebih jelasnya persebaran beban ini dapat dilihat pada Gambar 5.15 Persebaran Beban pada *Keel Block* dan *Side Block*.



Gambar 5.15 Persebaran Beban pada Keel Block dan Side Block

5. Rangkuman Beban yang Bekerja

Secara keseluruhan bisa dilihat beban-beban yang diaplikasikan pada model adalah sebagai berikut:



Gambar 5.16 Tampak Melintang Pembebanan

5.7.5. Kondisi Pembebanan

Dalam tugas akhir ini kondisi pembebanan yang dilakukan untuk analisis menggunakan metode elemen hingga guna mendapatkan respon utama berupa deformasi/defleksi dan tegangan secara memanjang. Kondisi pembebanan tersebut adalah pada kondisi terburuk saat dok apung bekerja yakni kondisi pembebanan dimana dok apung berada pada kondisi tercelup yaitu seluruh lambung dok apung tercelup hingga yang tersisa hanya *safety deck (working deck)*

dari *sidewall* yang tidak tercelup. Beban yang bekerja adalah berat dari dok apung itu sendiri, berat dari tangki-tangki, dan *bouyancy* yang bekerja pada lambung kapal pada sarat 2.11 m. Kondisi ini diambil dikarenakan merupakan kondisi yang paling buruk untuk kondisi pembebanan pada dok apung.

Tabel 5.21 Rangkuman Beban yang Bekerja

Beban	Jumlah	Nilai	Satuan
Beban Tangki <i>pontoon</i>	4	0,00024639	Mpa
<i>Standart Gravity</i>	1	9806,6	mm/s ²
Beban pada Keel Block	90	279,652	N
Beban pada Side Block	18	699,131	N
<i>Bouyancy</i>	1	5316,438	ton

Tabel 5.21 diatas merupakan tabel yang menunjukkan beban yang bekerja pada dok apung pada kondisi kerja dengan sarat 2.11 m. Beban dengan arah kebawah meliputi beban tangki *pontoon* sebesar 0.000246 Mpa, Beban pada keel block sebesar 279,652 N tiap *keel block* dan beban sebesar 699,131 N di tiap *side block*

5.7.6. Perhitungan beban

Seperti yang telah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya bahwa terdapat dua buah beban utama yang bekerja yang berhubungan dengan respon utama dari kekuatan memanjang dok apung yaitu gaya ke atas dan gaya ke bawah yang diakibatkan oleh gravitasi. Dua buah beban akibat gravitasi dan satu buah beban akibat *bouyancy* (gaya angkat). Dalam sub-bab ini akan dijelaskan bagaimana mendapatkan dua buah beban berupa tekanan yang akan diaplikasikan pada model. Persamaan umum yang digunakan untuk mendapatkan harga tekanan adalah sebagai berikut :

$$P = F/A \dots\dots\dots(5.5)$$

Dimana :

P : *Pressure (Mpa)*

F : *Force (N)*

A : *Area (mm²)*

Luasan didapatkan dengan menghitung daerah yang akan dikenakan beban dengan bantuan FEA *software*. Karena data yang dimiliki adalah massa baik dari *bouyancy* dan tangki-tangki maka digunakan persamaan berikut untuk mendapat gaya berat :

$$F = m.g \dots\dots\dots(5.6)$$

Dimana :

m : massa (ton)

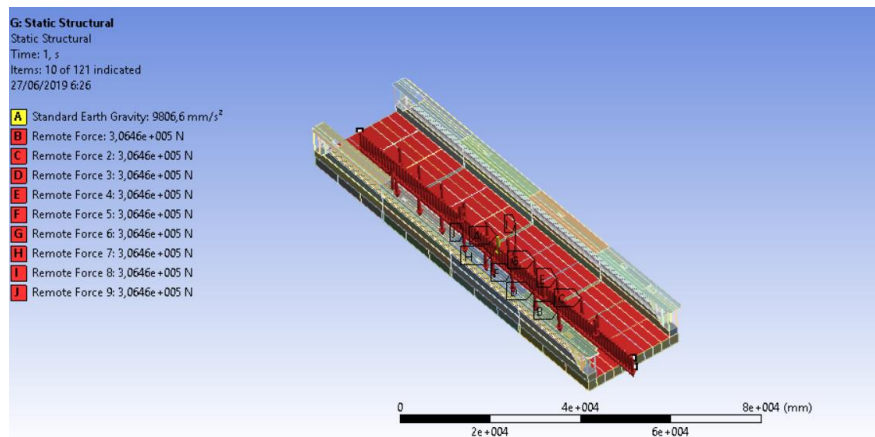
g : gaya gravitasi bumi (9806.6 mm/s^2)

Harga-harga berat dari masing-masing beban dengan satuannya didapatkan dari luasan yang tercelup setinggi sarat kerja yaitu 2.03 m lalu menjadikannya beban berat persatuan panjang dengan mengalikan luasan lambung dok apung yang tercelup dengan massa jenis air laut yaitu 1.025 ton/m^3 . Setelah didapatkan harga berat persatuan panjang untuk bagian lambung dok apung yang tercelup maka didapat total *displacement* sebesar 5253.76 ton.

5.7.7. Hasil Pengujian

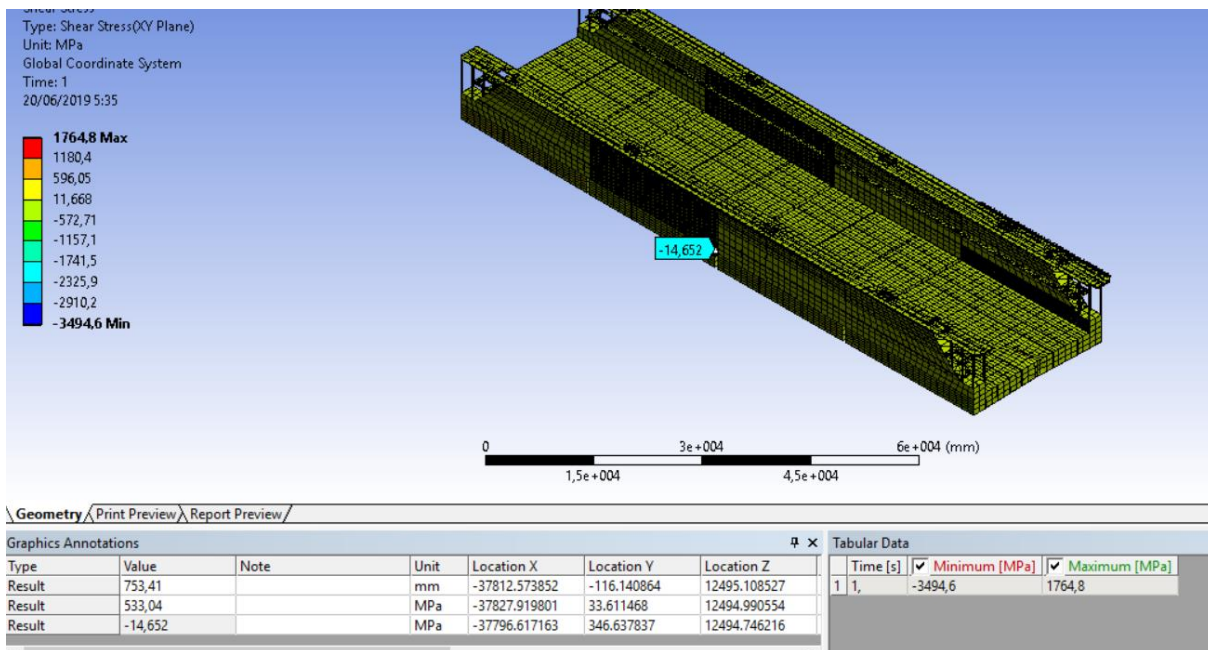
Untuk mengetahui apakah suatu konstruksi masih layak digunakan setelah dilakukan konversi maka pengujian kekuatan memanjang dilakukan untuk membuktikan apakah kekuatan memanjang dari dok apung masih memenuhi syarat batas dan masih dapat dinyatakan layak. Pengujian kekuatan memanjang ini seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya menggunakan bantuan aplikasi komputer FEA *analysis* dengan metode analisa berupa *static structural*. Pengujian dilakukan dengan menggunakan pembebanan yang telah dijelaskan sebelumnya, adapun beban-beban tersebut adalah *bouyancy* dok apung pada sarat kerja, beban tangka *ballast* yang disisakan untuk posisi kerja, beban akibat *lifting capacity* dok apung (muatan), dan tidak lupa pula dengan berat dari dok apung itu sendiri.

Beban yang timbul akibat *lifting capacity* dari dok apung didistribusikan secara merata terhadap *keel block* dan *side block* yang berada di dok apung. Total *keel block* yang berada di dok apung adalah 90 buah *keel block* yang mana tiap-tiap keel block menumpu beban sebesar 31.25 ton begitu pula dengan *side block* dok apung, *side block* dok apung yang berjumlah 18 buah masing-masing *side block* menumpu beban sebesar 31.25 ton. *Keel block* dan *side block* tersebut disusun secara rapi dearah memanjang kapal



Gambar 5.17 Penyusunan Seluruh Beban

Beban tersebut dikombinasikan dengan beban dari sisa *ballast* yang berada di *pontoon* serta dengan *bouyancy* yang dimiliki oleh dok apung pada saat bekerja dengan sarat 2.05 m. setelah semua beban dan gaya angkat diaplikasikan kedalam model begitu pula dengan kondisi batas yang diinginkan, maka pengujian dapat dilakukan. Untuk hasil pengujian tidak menghiraukan nilai tegangan dan deformasi maksimal yang terjadi akan tetapi memerhatikan nilai tegangan dan deformasi yang terjadi di daerah-daerah yang di potong pada *pontoon* atau lebih tepatnya daerah yang terletak di ditengah-tengah jarak *pontoon*. Daerah ini diambil sebagai daerah yang diamati sebab daerah tersebut memiliki *support* untuk menghadapi kekuatan memanjangnya kurang bagus sehingga apabila daerah tersebut pada saat dianalisa ternyata aman, akan tetapi untuk memastikan keamanan dari dok apung tersebut perlu ditambahnya penguat memanjang pada *sidewall* untuk meminimalisir terjadinya *crack* atau kegagalan konstruksi selama proses produksi dok apung *multi pontoon* dilakukan.



Gambar 5.18 Hasil Pengujian (*Shear Stress* dan *deflection*)

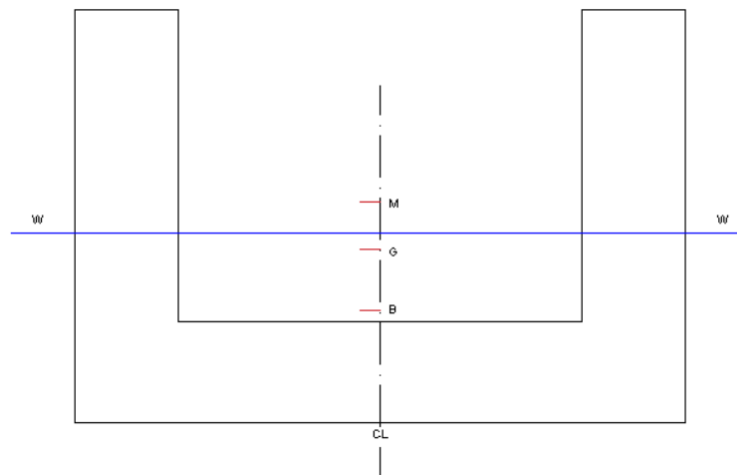
Pada gambar tersebut di atas dapat dilihat bahwa nilai dari tegangan pada bagian yang dianalisa adalah sebesar 14,652 MPa. Tegangan tersebut lebih kecil dari batas tegangan maksimal yang dikeluarkan oleh *class* yakni sebesar 160 MPa, dengan demikian dapat dikatakan bahwa tegangan tersebut sudah bagus dan dapat dikatakan bahwa dok apung masih kuat untuk bekerja dengan beban yang sama bahkan setelah dilakukan konversi. Tetapi *defleksi* yang terjadi atau kelengkungan yang terjadi yakni sebesar 753,41 mm atau 75,341 cm nilai defleksi yang terjadi cukup besar sehingga hal tersebut perlu diatasi, besarnya *defleksi* tersebut dapat

dikurangi dengan penambahan konstruksi pada *sidewall* besarnya penambahan konstruksi dapat dilihat pada bagian penambahan konstruksi.

5.8. *Stability*

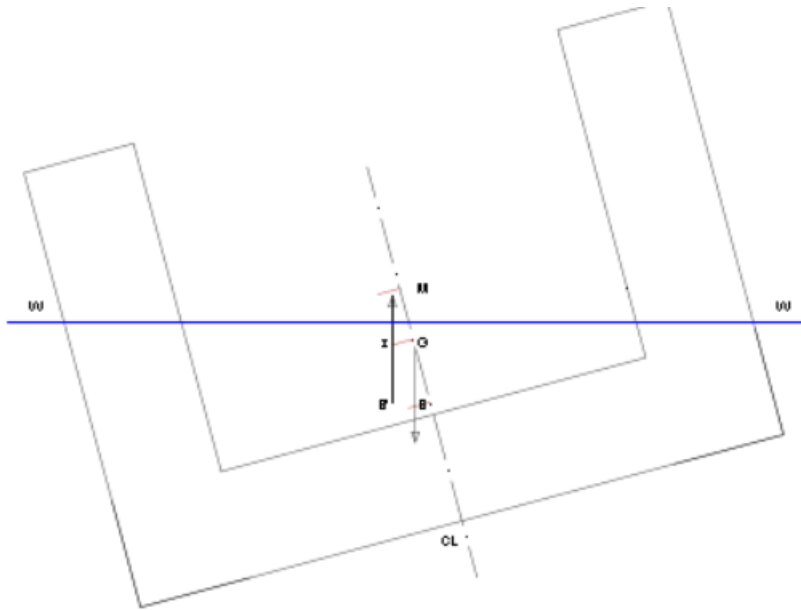
Stabilitas dari dok apung merupakan kemampuan dari dok apung untuk kembali ke posisi semula saat ada gaya dari luar yang bekerja pada dok apung baik penambahan gaya maupun pengurangan gaya atau adanya perubahan letak gaya pada dok apung tersebut. Beberapa gaya yang dimaksud seperti beban gravitasi, keseimbangan gaya angkat, angin, gelombang, dan *free surface moment* (Midhun, 2009)

Teori yang mendasari pemikiran tersebut adalah bahwa keseimbangan dapat diperoleh saat gaya beban kebawah searah titik gravitasi diimbangi oleh gaya keatas berlawanan dengan titik gravitasi akibat gaya angkat dari dok apung.



Gambar 5.19 *Upright Dock*

Saat struktur mengalami kemiringan akibat ketidak seimbangan gaya, volume bawah air dari dok apung berubah dan pasangan titik antara titik *buoyancy* baru kearah vertical merupakan titik *metacenter* dan *metacentric height* atau dilambangkan dengan symbol GM dihitung dengan *initial stability* struktur hingga kemiringan 15 derajat. Struktur akan perlahan-lahan kembali ke posisi semula dengan bantuan momen pembalik (Midhun, 2009)



Gambar 5.20 *Heeling Dock*

Dok apung dituntut agar mendapat momen pembalik yang mampu mengembalikan keadaan dok apung seperti semula, momen pembalik tersebut dapat diperoleh apabila nilai M berada di atas G. Dok apung dapat dikatakan seimbang apabila hal tersebut terjadi, akan tetapi apabila nilai M berada di bawah G maka dok apung bukannya dapat kembali ke keadaan semula akan tetapi akan *heel* lebih besar lagi. Untuk memperoleh *initial stability* GM harus bernilai positif. Nilai GM yang terlalu tinggi dapat mengakibatkan momen pembalik yang tinggi pula, hal ini justru membuat *rolling periode* dari dok apung menjadi lebih cepat, dan apabila nilainya terlalu kecil maka akan memperlambat *rolling period*, di mana hal tersebut juga dihindari. Nilai GM yang optimum ditentukan oleh *criteria IMO* untuk *instact stability*.

Dalam perhitungan stabilitas ini digunakan beberapa rumus perhitungan sebagai parameter *hydrostatic* adapun rumus tersebut adalah sebagai berikut:

Luas Bidang air

$$A_{wp} = 2 \int_{l_{wl}} y \, dx \quad \dots \dots \dots (5.7)$$

Momen statis bidang air terhadap bidang tengah panjang

$$M_{wy} = 2 \int_{l_{wl}} xy \, dx \quad \dots \dots \dots (5.8)$$

Titik berat bidang air

$$LCF = \frac{M_{wy}}{A_{wp}} \quad \dots \dots \dots (5.9)$$

Ton per centimeter *immersion* (TPC)

$$TPC = \frac{A_{wp} \times \rho g}{100} \quad \dots \dots \dots (5.10)$$

Momen statis volume terhadap bidang dasar

$$M \nabla x = \int_0^{WL} Z Awp dz \dots\dots\dots (5.11)$$

Letak memanjang titik apung

$$LCB = \frac{M \nabla Y}{\nabla} \dots\dots\dots (5.12)$$

MTctonne.m

$$MTC = \frac{\Delta \text{ tot } x LBM}{10 Lpp} \dots\dots\dots (5.13)$$

Jari-jari metasenter memanjang

$$LBM = \frac{I}{\nabla} \dots\dots\dots (5.14)$$

Perhitungan dilakukan dengan manual tanpa bantuan aplikasi komputer, input data yang digunakan sesuai dengan data aktual di lapangan. Sarat yang diambil adalah sebesar 2.11 m. sarat tersebut sesuai dengan sarat dari dok apung setelah dikonversi. Dari perhitungan yang dilakukan didapatlah nilai sebagai berikut:

Tabel 5.22 *Stability* sebelum Konversi

Nama	Nilai	Satuan
Displacement	5316.438	ton
Draft at AP	2.05	m
Draft at FP	2.05	m
Draft at LCF	2.05	m
Trim	0	m
WL length	100	m
Wetted area	2500	m ²
Waterplan Area	2500	m ²
LCB from Ap	50	m
LCF from AP	50	m
KB	0.988091087	m
KG	7.547829448	m
TPC	251381.25	N/cm
MTC	12569062500	Nm/Cm
LBM	235.1198302	m
LKM	236.1079213	m
Awp	2500	
Mwy	125000	
Mvx	5253.125	
Mvy	262656.25	

Nama	Nilai	Satuan
I	1250000	
Gaya berat Kapal	53458113.2	

Pada tabel di atas ditunjukkan besaran-besaran stabilitas dari dok apung sebelum proses konversi dilakukan. Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya bahwa pada saat dok apung belum dikonversi dok apung memiliki sarat sebesar 2,05 m dengan *displacement* sebesar 5316,438 ton. Sedangkan setelah proses konversi dilakukan sarat dari dok apung bertambah begitu pula dengan *displacement* dari dok apung. Selain itu nilai dari KG (*keel to gravity*) dari dok apung menjadi turun karena adanya penambahan beban konstruksi dan nilai dari KG (*keel to buoyancy*) menjadi naik, akan tetapi perubahan yang terjadi tidak begitu signifikan karena penambahan konstruksi yang dilakukan tidak banyak.

Tabel 5.23 *Stability*

Nama	Nilai	Satuan
<i>Displacement</i>	5348.255369	ton
<i>Draft at AP</i>	2.11	m
<i>Draft at FP</i>	2.11	m
<i>Draft at LCF</i>	2.11	m
<i>Trim</i>	0	m
<i>WL length</i>	100	m
<i>Wetted area</i>	2458.75	m ²
<i>Waterplan Area</i>	2458.75	m ²
<i>LCB from Ap</i>	52.02748014	m
<i>LCF from AP</i>	50.83884087	m
KB	1.023380534	m
KG	7.51254	m
TPC	247233.4594	N/cm
MTC	11957103226	Nm/Cm
LBM	222.3417246	M
LKM	223.3651051	m
Awp	2458.75	
Mwy	125000	
Mvx	5473.3004	
Mvy	278256.25	
I	1189140.3	
Gaya berat Kapal	53778045	N

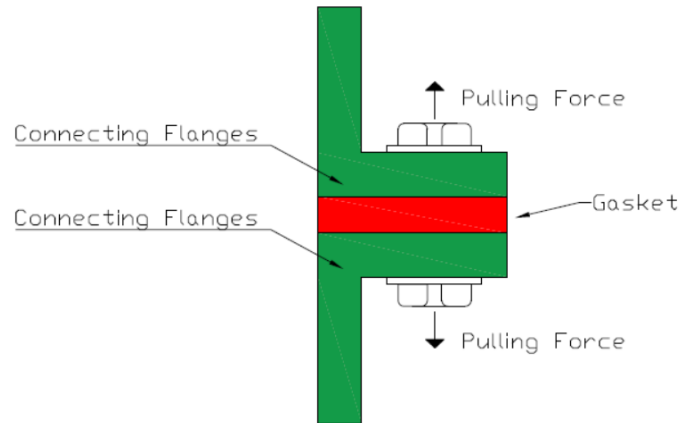
Perhitungan pada tabel di atas dilakukan pada sarat dok apung setelah dikonversi yakni 2.11 m. sarat tersebut terjadi akibat beban dari dok apung dan beban dari muatan sebesar 3850 ton.

5.9. Desain Sambungan *Pontoon* dengan *Sidewall*

Desain sambungan antara *pontoon* dengan *sidewall* perlu didesain untuk mendefinisikan sambungan antara *pontoon* dengan *sidewall*. Dok apung yang awalnya memiliki bagian *single pontoon* dengan dua buah *sidewall*, setelah proses konversi struktur major-majornya menjadi empat *pontoon* dan dua buah *sidewall*. Pada sambungan antara *pontoon* dengan *sidewall* tidak dilakukan dengan pengelasan akan tetapi menggunakan sistem *bolting joint* atau dapat disebut dengan sambungan mur & baut. Sambungan tersebut dipilih agar setelah proses konversi dilakukan maka *pontoon* dari dok apung lebih mudah dilepas dari *sidewall* sehingga mempermudah dalam proses *self repair*. Sistem *bolting joint* tersebut dapat diterapkan dengan syarat apabila tegangan yang terjadi akibat sistem sambungan tersebut dapat diatasi dan tidak melewati tegangan izinnya maka sistem sambungan tersebut dapat diterima.

5.9.1. Bolt Loads Calculation

Dalam perhitungan *Finite element method* pada pengujian dengan menggunakan *software finite element analysis, spring element* dimodelkan untuk menggambarkan sambungan antara *pontoon* dengan *sidewall*-nya. *Spring* memuat 10^6 n/ mm diasumsikan sebagai *stiffners* dari sambungan. Besaran tersebut diasumsikan dari gaya yang bekerja pada sistem sambungan antara *pontoon* dengan *sidewall*. *Bolt* dikondisikan terpasang setiap 300 mm sepanjang dok apung di tiap *sidewall*.. *Bolt* atau mur baut yang terpasang pada sambungan *pontoon* dengan *sidewall* mengalami dua buah gaya selama bekerja, mur dan baut mengalami *tension* dan *shear* dalam *bolt connection* akibat adanya perbedaan dalam *bending* dan juga akibat adanya tekanan yang disebabkan oleh berat *sidewall* dan *hydrostatic pressure*. *Bolt* diberi beban awal untuk memastikan *clamping* antara sambungan pelat dan untuk meningkatkan persebaran *shear* antara pelat dengan gaya *friction*. Gasket atau *sealant* digunakan diantara sambungan permukaan dapat mereduksi *stiffners* dari sambungan. Ketebalan dari *gasket* dibuat setipis mungkin itu memaksimalkan kontak yang terjadi antar *stiffner* sambungan. Besarnya beban tergantung pada *bolt size* dan *bolt grade*. Dalam AISC ASD *spessification for structural steel buildings* besarnya *pretension*/ beban awal harus 0,7 lebih kecil dibandingkan minimum kapasitas dari *tensile bolt*.



Gambar 5.21 *Typical Bolting*

Beban awal *bolt* disebabkan oleh gaya kompresive yang bekerja pada permukaan kontak dan juga *tension* dari *bolt*. Pemilihan *bolt* dilakukan dengan *guidance* dari AISC ASD *Specification for structural steel buildings* di mana:

Maximum *bolt load* yang didapatkan dari FEA:

Maximum tensile load = 131 kn

Resultant shear load = 71 kn

Galvanized carbon steel bolt M24 dan grade 8.8 as per-ISO 898 yang dipilih.

As per Aisc ASD Section J3.6, untuk *bolt* yang dipilih,

Allowable tensile strength = 146 kn

Allowable shear strength = 105 kn

M24 *bolt* dipilih karena memenuhi kebutuhan kekuatan yang diperlukan.

5.9.2. *Connecting Element Calculation*

Kebutuhan tebal pelat yang akan digunakan pada sambungan memiliki tebal yang sama dengan tebal pelat untuk tambahan konstruksi yang telah dijelaskan sebelumnya yakni 10 mm. *Bolt* yang dipilih yakni M24 membutuhkan diameter lubang sebesar 26 mm.

5.9.3. *Design Tension*

Pelat yang digunakan pada sambungan mengalami *tension*, kekuatan dari element perlu dicek baik dari *yielding* dan *rupture* nya, nilai terkecil dipertimbangkan dalam desain *tension*. Berikut merupakan parameter yang digunakan dalam perhitungan nilai *tensile yielding* dan *rupture yielding*

Tabel 5.24 *Connecting Plate Parameters in Tension*

<i>Thickness</i> (mm)	<i>Width</i> (mm)	<i>F_y</i> (N/mm ²)	<i>F_u</i> (N/mm ²)	<i>d_b</i> (mm)	<i>A_g</i> (mm ²)	<i>A_n</i> (mm ²)
10	90	355	480	26	900	700

Pada Tabel 5.24 diketahui parameter yang digunakan dalam menghitung *tension* dari sambungan yang akan diterapkan pada konversi ini. Pelat yang digunakan memiliki tebal 10 mm dengan lebar 90 mm dan dengan nilai gaya *yielding* sebesar 355 N/mm² dan gaya *rupture* sebesar 480 N/mm².

Tabel 5.25 *Tensile Yielding*

<i>Tensile yielding</i>	<i>Safety factor</i>	<i>Allowable strength</i>
$R_n = F_y A_g$ (N)	Ω	R_n / Ω (N)
319500	1.67	191317

Tabel 5.26 *Tensile Rupture*

<i>Tensile Rupture</i>	<i>Safety factor</i>	<i>Allowable strength</i>
$R_n = F_u A_n$ (N)	Ω	R_n / Ω (N)
336000	2	168000

Dapat dilihat pada Tabel 5.25 dan Tabel 5.26, nilai terkecil dari hasil perhitungan yang dilakukan dipilih untuk menentukan apakah kekuatan dari sambungan pelat yang digunakan masih memenuhi, nilai tersebut sebesar 168 Kn, nilai tersebut memiliki nilai lebih besar dari kebutuhan gaya *tension* dari *bolt* yakni sebesar 146 Kn, oleh karena itu dapat dikatakan bahwa ketebalan pelat yang digunakan dalam sambungan *pontoon* dengan *sidewall* dapat diterima.

5.9.4. *Design Shear*

Terdapat gaya *shear* yang akan terjadi melalui *section* dari *connecting* pelat searah horizontal. *Friction* antara *connecting flanges* dapat mereduksi efek dari gaya *shear* yang terjadi. Perhitungan yang dilakukan pada bagian ini dilakukan tanpa mempertimbangkan pengurangan *friction* tersebut. Pada perhitungan *shear* ini akan digunakan parameter sebagai berikut:

Tabel 5.27 *Connecting plate parameters in Yielding*

<i>Thickness</i> (mm)	<i>Width</i> (mm)	F_y (N/mm ²)	F_u (N/mm ²)	d_b (mm)	A_{gv} (mm ²)	A_{nv} (mm ²)
10	100	355	480	26	1000	820

Pada Tabel 5.27 diketahui parameter yang digunakan dalam menghitung *yielding* dari sambungan yang akan diterapkan pada konversi ini. Pelat yang digunakan memiliki tebal 10 mm dengan lebar 100 mm dan dengan nilai gaya *yielding* sebesar 355 N/mm² dan gaya *rupture* sebesar 480 N/mm².

Tabel 5.28 *Shear Yielding*

<i>shear yielding</i>	<i>Safety factor</i>	<i>Allowable strength</i>
$R_n = 0,6 F_y A_{gv}$ (N)	Ω	R_n / Ω (N)
213000	1.5	142000

Tabel 5.29 *Shear Rupture*

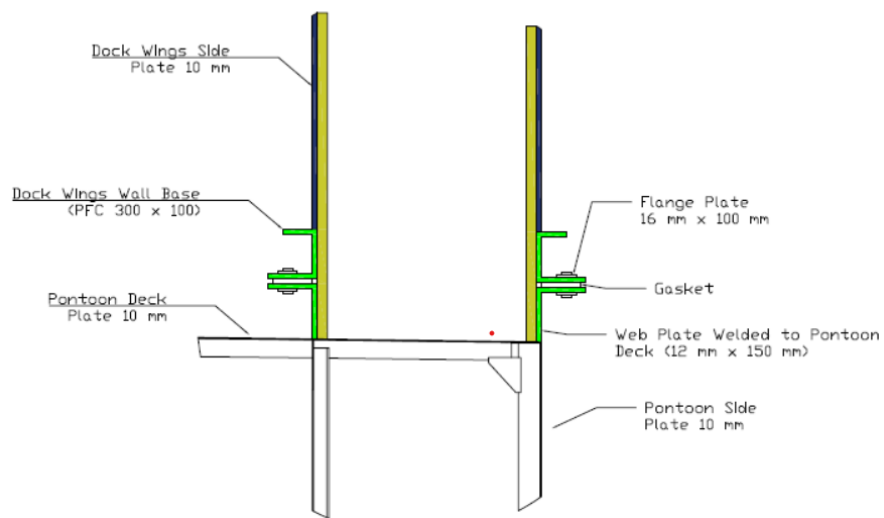
<i>Tensile yielding</i>	<i>Safety factor</i>	<i>Allowable strength</i>
$R_n = F_u A_{nv}$ (N)	Ω	R_n / Ω (N)
236160	2	118080

Dapat dilihat pada Tabel 5.28 dan

Tabel 5.29, nilai terkecil dari hasil perhitungan yang dilakukan dipilih untuk menentukan apakah kekuatan dari sambungan pelat yang digunakan masih memenuhi, nilai tersebut sebesar 118 Kn, nilai tersebut memiliki nilai lebih besar dari kebutuhan gaya *shear* dari *bolt* yakni sebesar 105Kn, oleh karena itu dapat dikatakan bahwa ketebalan pelat yang digunakan dalam sambungan *pontoon* dengan *sidewall* dapat diterima.

5.9.5. *Bolting arrangement*

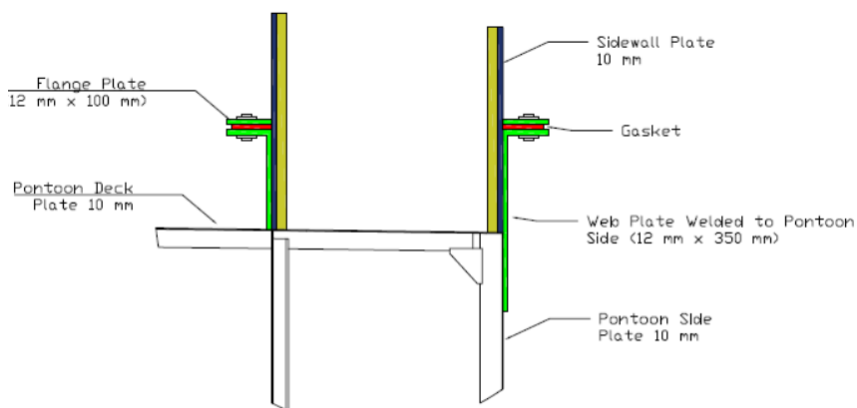
Bolting arrangement merupakan susunan sambungan tambahan dan letak serta posisi dari *bolt* yang akan dipasang pada sambungan *pontoon* dengan *sidewall*. Dalam menentukan *arrangement* yang tepat perlu adanya pertimbangan mengenai kedekatan, kekuatan dan dari segi produksi apakah memungkinkan.



Sambungan 1

Gambar 5.22 Sambungan *Bolting 1*

Gambar 5.22 menunjukkan salah satu pilihan sambungan antara *pontoon* dengan *sidewall* yang dapat dilakukan. Pada sambungan 1 pelat *sidewall* berada dengan satu kesatuan pelat dengan pelat sambungan kemudian dipisah dengan gasket kemudian *pelat pontoon deck* disambungkan dengan pelat sambungan. Dalam segi pembangunan sambungan ini cukup sulit dan juga harus merubah tinggi dari *sidewall* karena pelat yang ditambahkan berada di bagian bawah *sidewall*.

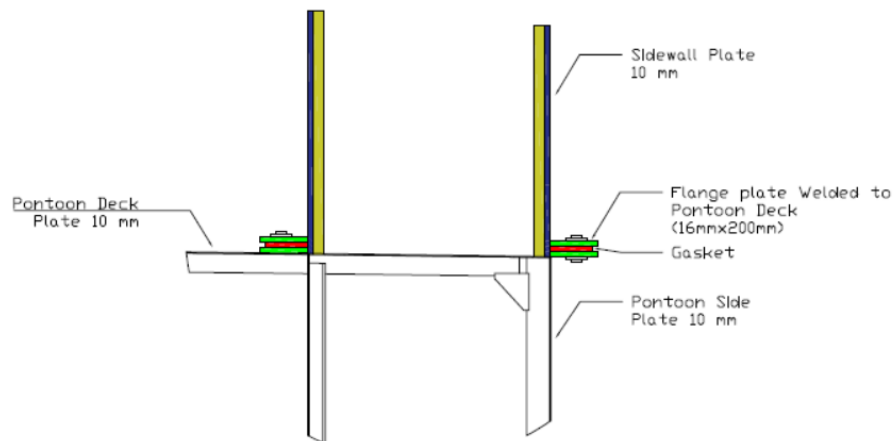


Sambungan 2

Gambar 5.23 Sambungan *Bolting 2*

Gambar 5.23 menunjukkan sambungan *pontoon* dengan *sidewall* yang dapat dipilih. Pada sambungan 2 ini pelat sambungan diletakkan pada bagian luar *sidewall* dan dilas dengan *pontoon side* dan bagian *flange* juga di las dengan *pontoon deck*. Pemasangan sambungan ini

termasuk yang paling mudah untuk dilakukan karena posisi pemasangannya berada di luar *sidewall*. Pada sambungan ini kedekatan dari sambungan sangat baik karena terdapat dua bagian pelat pada sambungan dan juga karena terdapat *gasket* yang membatasi kedua sambungan.



Sambungan 3

Gambar 5.24 Sambungan *Bolting 3*

Gambar 5.24 menunjukkan sambungan *pontoon* dengan *sidewall* yang dapat dipilih. Pada sambungan 3 ini *bolt* dilas pada pelat 16 mm yang dilas pada dek bagian dalam *innerwall*. Sambungan pelat pada *sidewall* disediakan lubang untuk *bolting*. Untuk sambungan 2 ini kedekatan sambungan masih kurang apabila dibandingkan dengan sambungan sebelumnya akan tetapi dari segi pembangunan sambungan ini lebih mudah untuk dikerjakan dan dari segi penambahan pelat, tidak banyak pelat yang perlu ditambahkan. Dari beberapa sambungan yang dipertimbangkan, opsi 2 merupakan sambungan terbaik dari segi kedekatan, mudah dalam proses pengerjaan dan juga dari segi kekuatan.

5.10. Proses Konversi *Multi Pontoon*

Setelah proses pemilihan metode konversi dilakukan maka dilanjutkan dengan proses konversi. Pembuatan rencana konversi dibantu oleh *software CAD*. Proses konversi dimulai dengan proses pelepasan *pontoon* dari *side wall*, dilanjutkan dengan proses pemotongan bagian-bagian yang perlu dilakukan modifikasi sesuai dengan metode konversi. Berlanjut pada proses *fabrikasi*, dilanjutkan dengan proses *sub-assembly*, kemudian yang terakhir proses *assembly*.

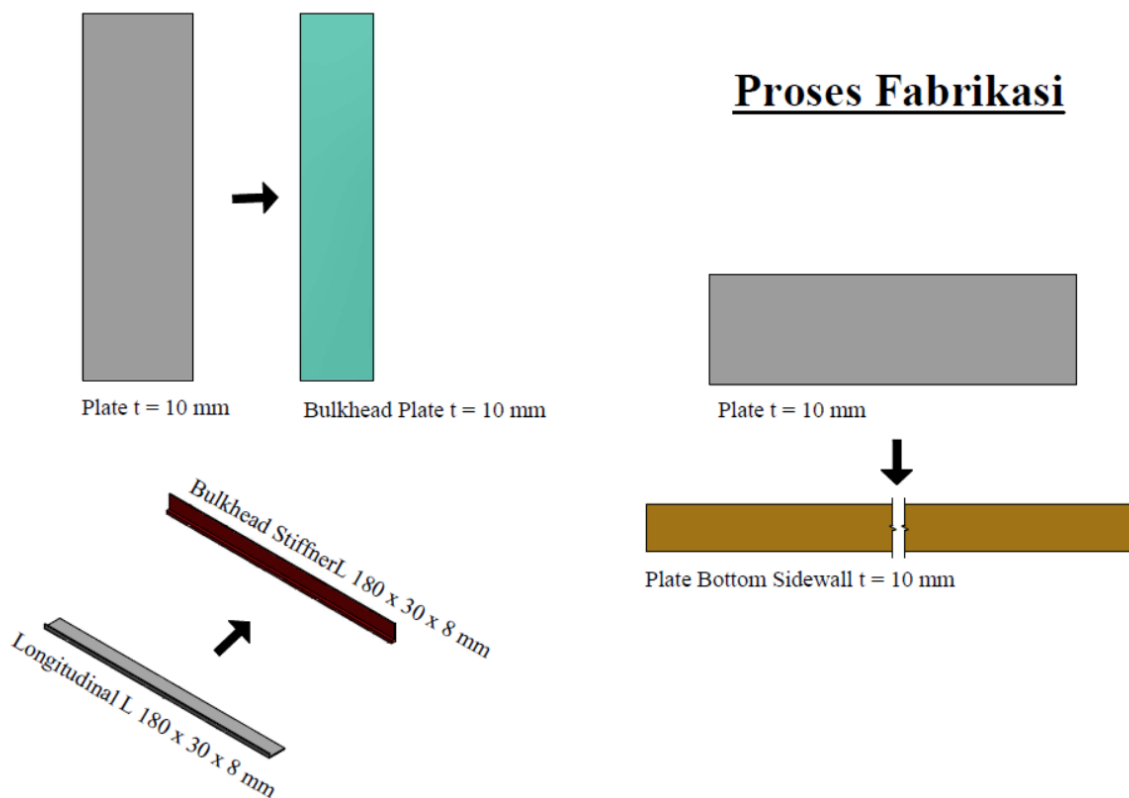
5.10.1. Tahap Persiapan (*Preparation*)

Tahap awal dalam proses konversi adalah tahap persiapan pada tahap ini material berupa pelat mulai keluar dari gudang penyimpanan untuk disiapkan sebagai bahan penambahan konstruksi. Pelat-pelat tersebut harus melalui proses pelurusan (*straightening*) dan proses *blasting*. Proses pelurusan bertujuan untuk memastikan bahwa pelat yang digunakan tidak menekuk (*defromasi*) ketika di proses lebih lanjut sedangkan proses *blasting* bertujuan untuk membersihkan permukaan pelat dari karat (korosi) agar lebih mudah untuk proses selanjutnya, terutama saat *cutting* dan *marking* pada proses *fabrikasi*. Proses *blasting* ini juga dilakukan pada permukaan *pontoon* dari dok apung guna mendapat permukaan yang bersih dan jelas sehingga mempermudah pengerjaan selanjutnya.

5.10.2. Tahap Fabrikasi (*Fabrication*)

Fabrikasi merupakan tahap proses produksi setelah persiapan. Proses tahap fabrikasi terdiri dari atas proses pemotongan pelat (*cutting*), *marking*, *bending*, dan *fairing*. Mengingat bentuk dari *pontoon* yang merupakan persegi sehingga proses *bending* dan *fairing* tidak terdapat pada pengerjaan fabrikasi dari pengerjaan konversi dok apung ini. Melainkan, ada penambahan proses pada tahap fabrikasi yakni proses pemisahan *pontoon* dengan *sidewall* dan tahap pemotongan *pontoon*.

Cutting adalah pemotongan pelat baik secara manual, semi-otomatis, ataupun otomatis (mesin CNC). Proses *cutting* manual adalah proses pemotongan pelat dengan cara menggunakan mesin brander. Proses *cutting* pelat menggunakan mesin *cutting blander* semi-otomatis. Mesin *cutting blander* semi otomatis menggunakan bahan LPG + oksigen sebagai pengapian untuk pemotongan pelat. Pada proses *cutting* semi automatic pelat yang akan dipotong harus dimarking terlebih dahulu menggunakan kapur dan dilakukan secara manual oleh pekerja. Proses *cutting* menggunakan CNC yaitu dengan menggunakan sistem *file* gambar yang berupa kode hasil *output* dari *software* tribon M3 dari rancang bangun.

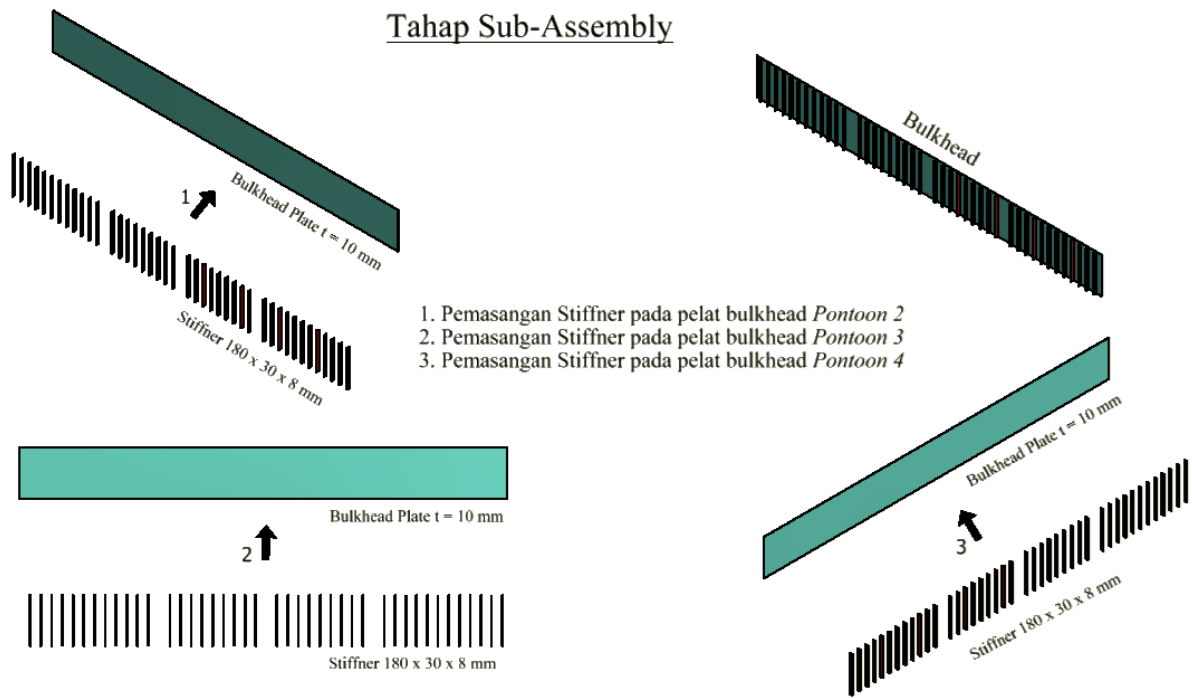


Gambar 5.25 Proses Fabrikasi

Marking adalah proses penandaan pada pelat atau profil dengan skala satu banding satu. Pada proses *marking*, data yang diperoleh berasal dari gambar produksi dan dari *mould loft*. Pada setiap penandaan material tentunya harus diberi nama yang jelas agar nantinya pada waktu perakitan tidak tertukar atau salah pasang. Nama tersebut menggunakan kode yang tercantum pada material list dan dilanjutkan dengan pemeriksaan oleh pihak QC (*Quality Control*) agar kesalahan pemotongan dapat terhindarkan.

5.10.3. Tahap *Sub-Assembly*

Sub-assembly merupakan tahap lanjut dari fabrikasi, artinya hasil dari proses fabrikasi akan diteruskan di sini. Hasil tersebut berupa profil dan *bracket* akan digabungkan menjadi satu panel. Secara umum pekerjaan *sub-assembly* meliputi *welding* dan *fitting*. *Welding* adalah proses penggabungan dua material menjadi satu (*Joining*) dengan menggunakan suhu yang tinggi. Sedangkan *fitting* adalah proses penyetelan dua struktur benda agar sesuai urutan tertentu.



Gambar 5.26 Tahap *Sub-Assembly*

5.10.4. Tahap *Assembly*

Pada pembangunan kapal baru, tahap *assembly* merupakan pekerjaan penggabungan panel-panel hasil tahap *sub-assembly* menjadi satu kesatuan seksi bentuk dok apung dan semua itu dilakukan di laut dengan keadaan air tenang dan dengan bantuan kapal tunda.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 6.

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam proses konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* akan mengalami perubahan pada konstruksi dan *volume* ballast *pontoon*. Konstruksi dok apung tersebut yang sekiranya tidak diperlukan akan dipotong, dengan tujuan sebagai tempat penambahan sekat dan untuk menambah *volume* ruang *ballast*.

Bab VI ini akan membahas mengenai analisis teknis proses konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* dengan lebih lanjut. Secara teknis, pembangunan dok apung *multi pontoon* dari dok apung *single pontoon* tentunya dirasa sulit dalam pengerjaannya daripada membangun dok apung *multi pontoon* baru. Kesulitannya yaitu saat proses pembongkaran konstruksi di bagian *pontoon* dan menambahkan konstruksi baru, serta harus juga memperhatikan kekuatan memanjang dari dok apung setelah dilakukan proses konversi. Proses konversi ini membutuhkan jam orang dan material yang tidak sedikit meski masih lebih banyak pada saat pembangunan dok apung *multi pontoon* baru, akan tetapi biaya instansi dan resiko yang ditawarkan masih cukup besar.

Dalam proses konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* yang harus diperhatikan terlebih dahulu adalah bagaimana proses produksinya sehingga tidak terlalu banyak menghabiskan material, sumber daya manusia, dan investasi tentunya. Sebelum melakukan perhitungan perlu dilakukan analisis kondisi dok apung tersebut, apakah masih layak atau tidak, mulai dari umur dok apung, ukuran dok apung dan kondisi desain dok apung. Pada konversi ini akan menggunakan dok apung JAYAKERTA v yang dibangun pada tahun 1990 sehingga umur dok apung tersebut sekarang yaitu 29 tahun dengan ukuran:

- Panjang (L) : 100 m
- Lebar (B) : 25 m
- Tinggi (H) : 10.92

6.1. Tinjauan Umum Fasilitas Galangan

Secara umum galangan berisi beberapa fasilitas yang digunakan untuk memfasilitasi aliran material dan perakitan. Kebanyakan galangan memerlukan ketersediaan daratan (land) dan perairan (waterfront) sebagai kebutuhan produksi. (wahyuddin,2011)

Pada konversi ini akan digunakan fasilitas docking kapal milik PT. Dok & Perkapalan Kodja Bahari. Dikarenakan kapal ini memiliki bobot 3850 DWT maka akan digunakan fasilitas dok apung terbesar di PT. DKB yaitu dok apung Jayakarta IV dengan ukuran sebagai berikut :

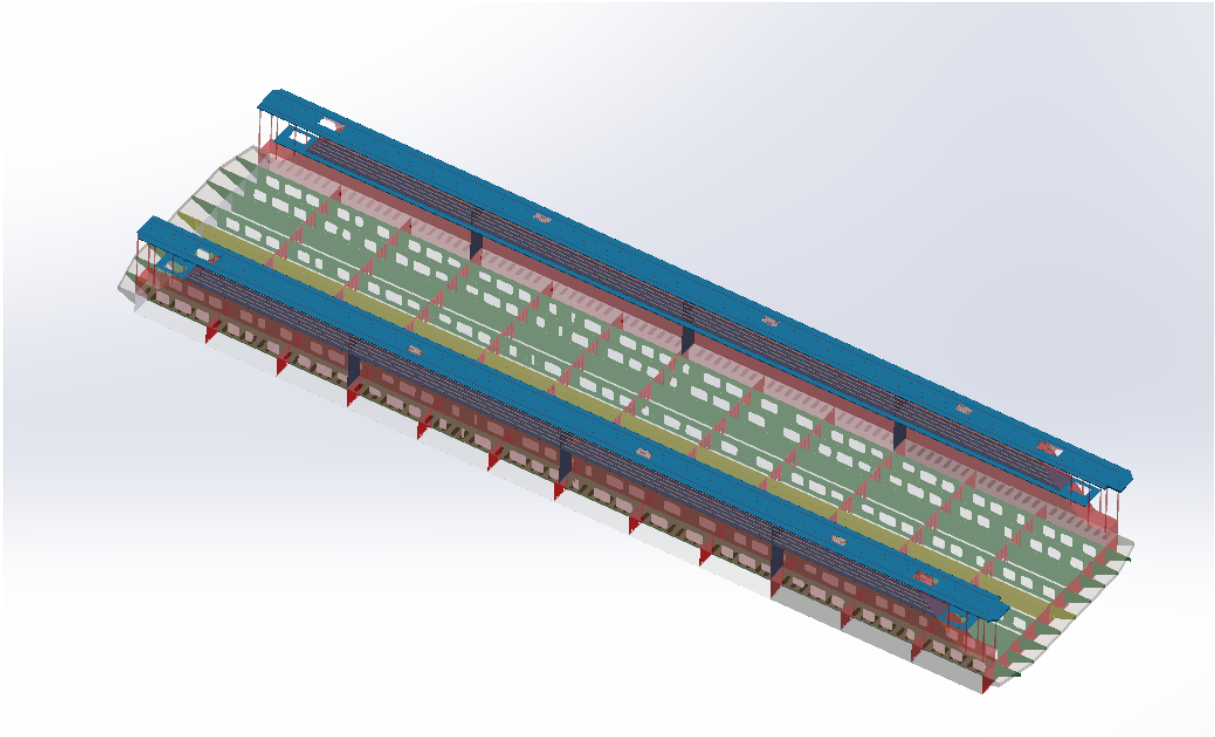
- Panjang (L) : 175.6 m
- Lebar (B) : 29 m
- Sarat : 7.4 m
- TLC : 12.000 TLC

Dok Apung Jayakarta IV memiliki panjang dan lebar yang cukup untuk ukuran dok apung 3850 DWT. Panjang dok yang akan dikonversi hanya 100 m akan mampu ditampung oleh dok apung Jayakarta IV. Untuk lebar dok apung yang akan dikonversi sebesar 25 m, dok apung akan memiliki *space* sebesar 2 m di bagian kanan dan kiri yang bisa digunakan sebagai tempat kerja. Meski dengan *space* demikian, hal ini masih mampu ditangani oleh pihak PT.DKB

6.2. Proses Pembangunan Dok Apung *Multi Pontoon*

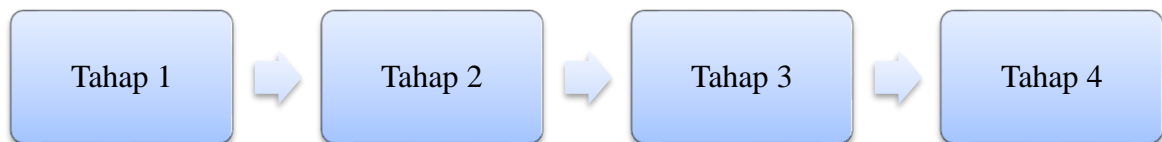
Pembangunan dok apung *multi pontoon* dari dok apung *single pontoon* berbeda dengan proses pembangunan dok apung *multi pontoon* yang sudah memiliki *multi pontoon*. Perbedaannya terletak pada proses pembangunannya. Pada pembangunan dok apung *multi pontoon* baru maka semua proses baik desain maupun produksi tidak perlu memperhatikan keadaan eksisting dari dok apung sehingga lebih leluasa dalam menentukan letak dan posisi dari bagian-bagian konstruksinya.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, yaitu sebelum melakukan proses konversi terlebih dahulu dilakukan analisis kondisi eksisting dok apung *single pontoon*. Pada dok apung *single pontoon* didapati sekat yang memisahkan antar kompartemen berjumlah empat berdekatan dengan lokasi akan dilakukannya pemotongan untuk pembangunan *multi pontoon*. (lihat Gambar 6.1)



Gambar 6.1 Konstruksi Sekat Dok Apung *Single Pontoon*

Proses pembangunan *multi pontoon* dari *single pontoon* akan dilakukan sesuai tahapan-tahapan sebagai berikut:

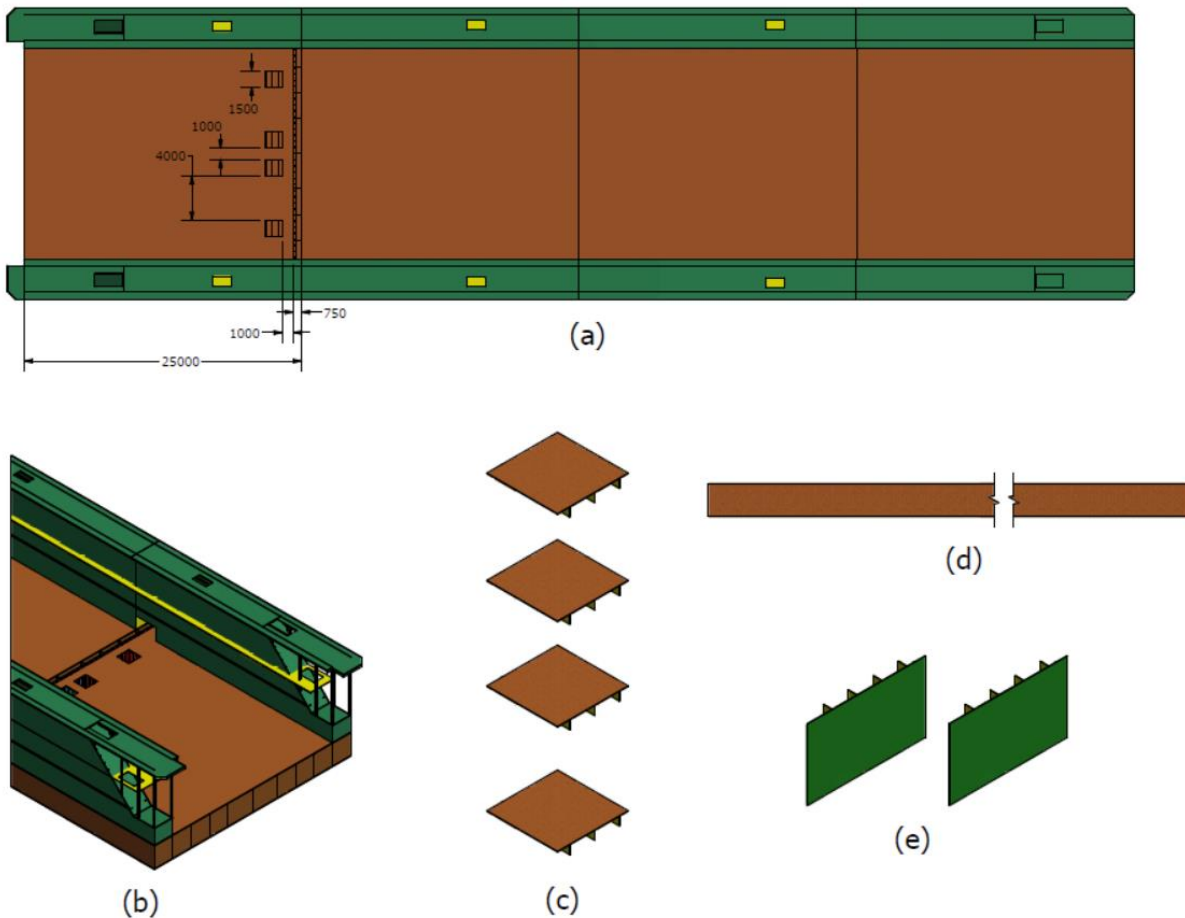


Gambar 6.2 Tahapan Proses Pembangunan *multi pontoon* dari *single pontoon*

6.2.1. Tahap 1

Proses pertama yang perlu dilakukan dalam konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* ini adalah membuat akses menuju bagian dalam *pontoon* dok apung. Pembuatan akses ini dilakukan untuk memudahkan pemotongan pelat dan konstruksi bagian dalam dok apung lebih lanjut selama proses konversi. Dengan memotong pelat bagian *pontoon deck* sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan (lihat Gambar 6.3). proses pemotongan dilakukan dengan beberapa tahap. Tahap pertama adalah memotong *pontoon deck* beserta konstruksi yang ada di dalamnya. Untuk bagian pelat yang tidak termasuk dalam tahap pertama dapat dihiraukan terlebih dahulu. Hal ini dikarenakan setelah proses pemotongan pelat *pontoon deck* tahap 1

pontoon akan dipasang sekat dan dipotong secara memanjang untuk memisahkan *pontoon* hasil konversi dengan *pontoon* awal.



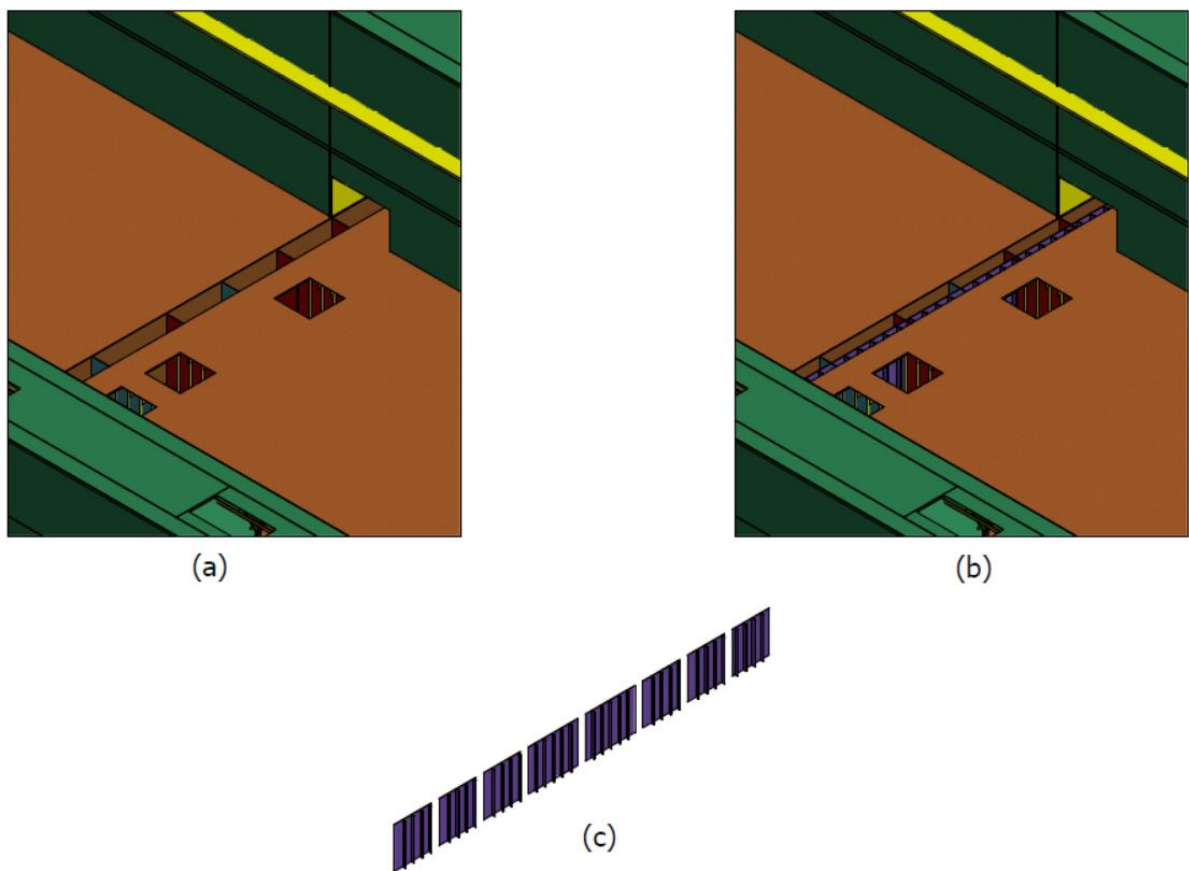
Gambar 6.3 Pemotongan *Pontoon Deck* Tahap 1

- Ket:
- (a) Ukuran potongan pelat *pontoon deck* tahap 1
 - (b) Tampak potongan pelat *pontoon deck*
 - (c) Potongan pelat sebagai akses ke dalam *pontoon* dimensi 1500x1500
 - (d) Potongan pelat sebagai akses masuk penambahan sekat dimensi 25000x750
 - (e) Potongan pelat pada *sidewall* dimensi 2500x1500

Gambar 6.3 menunjukkan bagian dari *pontoon deck* yang perlu dipotong pada tahap 1. Dapat dilihat dimensi dari potongan beserta letak pemotongannya pada gambar di atas. Setelah pelat akses berhasil dipotong maka selanjutnya adalah memotong pelat untuk akses masuknya sekat, pemotongan dilakukan dari dalam *pontoon*. Jumlah akses yang berjumlah empat buah dikarenakan jumlah kompartemen dok secara melintang terdapat empat kompartemen sehingga perlu akses terhadap masing-masing kompartemen (lihat Gambar 4.1).

Setelah proses pemotongan *pontoon deck* pada tahap 1 selesai dilakukan maka selanjutnya dapat dilanjutkan pemasangan *watertight bulkhead* untuk memisahkan

kompartmen *pontoon* secara memanjang. Pemasangan sekat dilakukan secara terpisah dikarenakan terdapat girder memanjang yang membagi *pontoon* secara melintang (lihat Gambar 4.1). Oleh karena itu pemasangan sekat dilakukan secara terpisah sesuai dengan ukuran tiap kompartmen yang dipisahkan oleh girder memanjang. Untuk pemasangan sekat bagian bawah *sidewall* pertama-tama perlu dilakukan proses pemotongan pelat *sidewall* dan pelat *pontoon deck* yang berada dibawah *sidewall* pemotongan dilakukan untuk pembuatan akses agar *watertight bulkhead* tambahan dapat dipasang. Ukuran potongan pada *sidewall* sebesar 2500 mm x 1500 mm. Ukuran tersebut sudah cukup untuk memasukan *watertight bulkhead* pada bagian *pontoon* bagian bawah *sidewall*. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 6.4.



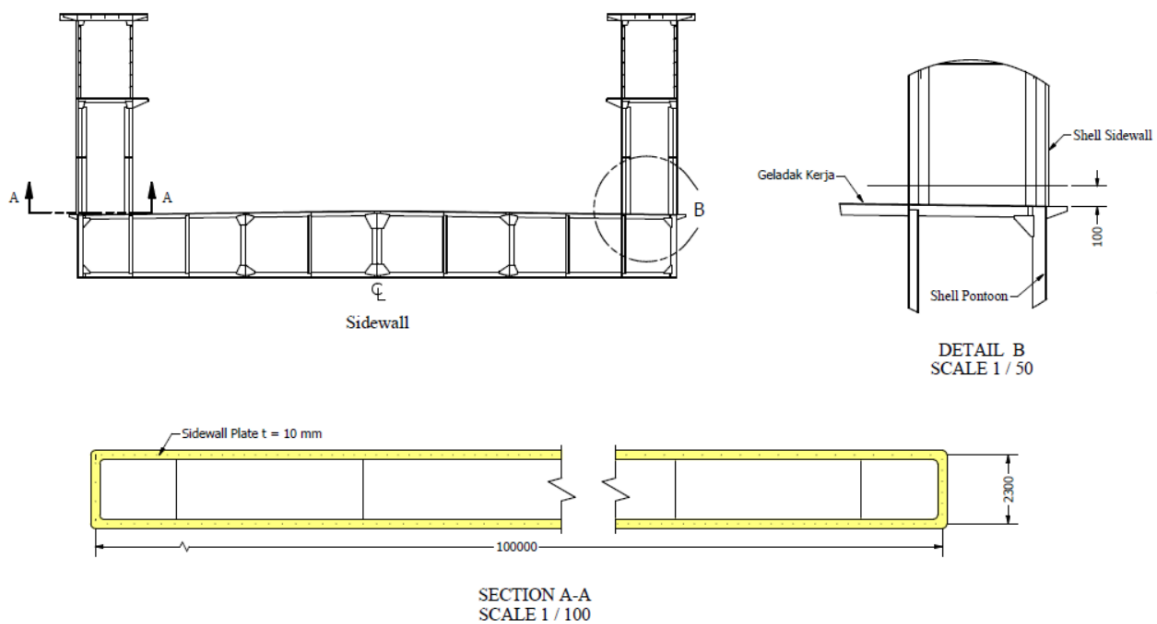
Gambar 6.4 Pemasangan Sekat Tahap 1

- Ket: (a) Detail potongan pelat *pontoon* dan *sidewall* sebelum penambahan sekat
 (b) Detail potongan pelat *pontoon* dan *sidewall* setelah penambahan sekat
 (c) Sekat tambahan

Pada Gambar 6.4 ditunjukkan pemasangan sekat pada *pontoon* yang dilakukan pada tahap 1. Gambar berwarna hijau merupakan *sidewall*, warna coklat merupakan *pontoon*, warna biru merupakan sekat kedap air memanjang, warna ungu merupakan sekat tambahan yang

dipasang pada *pontoon*. Pemasangan sekat dilakukan secara terpisah sesuai dengan jarak antar girder, terdapat dua variasi jarak antar girder yakni sebesar 3150 mm dan 2350 mm. sehingga sekat yang dipasang memiliki dimensi 3150 x 2600 mm dan 2350 x 2600 mm. Setelah proses pemasangan sekat selesai dilakukan tahap 1 ini dapat dilanjutkan dengan memotong *shell pontoon* bagian *side* dan *bottom*, serta dapat juga memotong *pontoon* dengan *sidewall*-nya. Letak potongan *sidewall* yang dapat dilakukan untuk memisahkan bagian *pontoon* dengan *sidewall* dapat dilihat pada

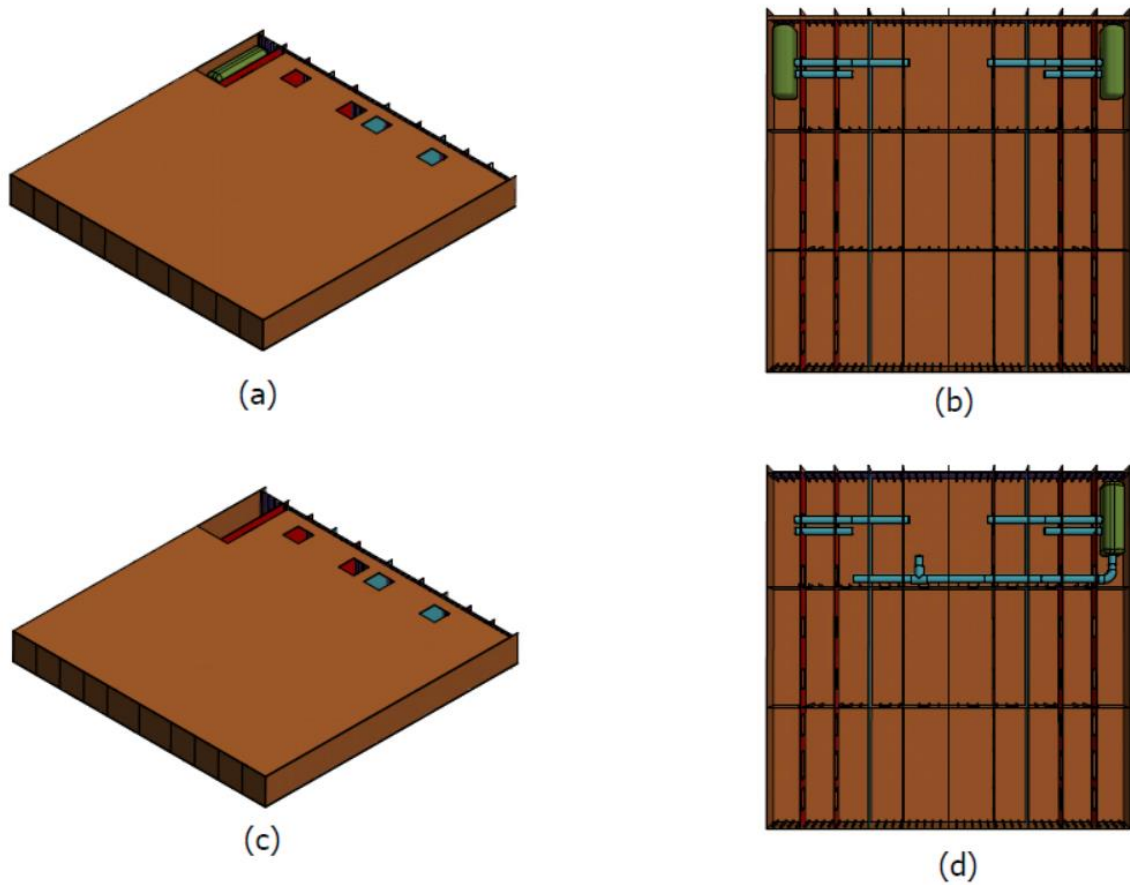
Gambar 6.5.



Gambar 6.5 Posisi Pemotongan Pada *Sidewall*

Setelah kompartemen *pontoon* dipisah dengan *sidewall* maka bagian *pontoon* yang terpisah dapat dinaikan pada dok untuk proses konversi lebih lanjut. Dikarenakan kemampuan dok apung untuk melakukan *self repair* dapat dilakukan maka proses konversi tahap 1 dapat dilakukan di atas dok dengan memisahkan kompartemen 1 dari dok apung. Setelah kompartemen 1 berada diatas dok hal pertama yang perlu dilakukan adalah melakukan pembongkaran pompa yang berada di dalam kompartemen tersebut, pembongkaran pompa dilakukan agar pompa tersebut dapat dipasang pada kompartemen yang tidak memiliki pompa. Langkah awal dalam proses pembongkaran ini adalah membuat akses keluarnya pompa dari dalam dok apung. Akses tersebut memiliki dimensi sebesar 6000 mm x 3000 mm sesuai dengan dimensi dari pompa. Untuk instalasi pipa eksisting yang berada di dok apung tidak perlu dibongkar mengingat perlunya adanya biaya tambahan dan apabila pipa eksisting tersebut

dibongkar maka *pontoon deck* harus dipotong secara keseluruhan agar proses pembongkaran pipa dapat dilakukan.

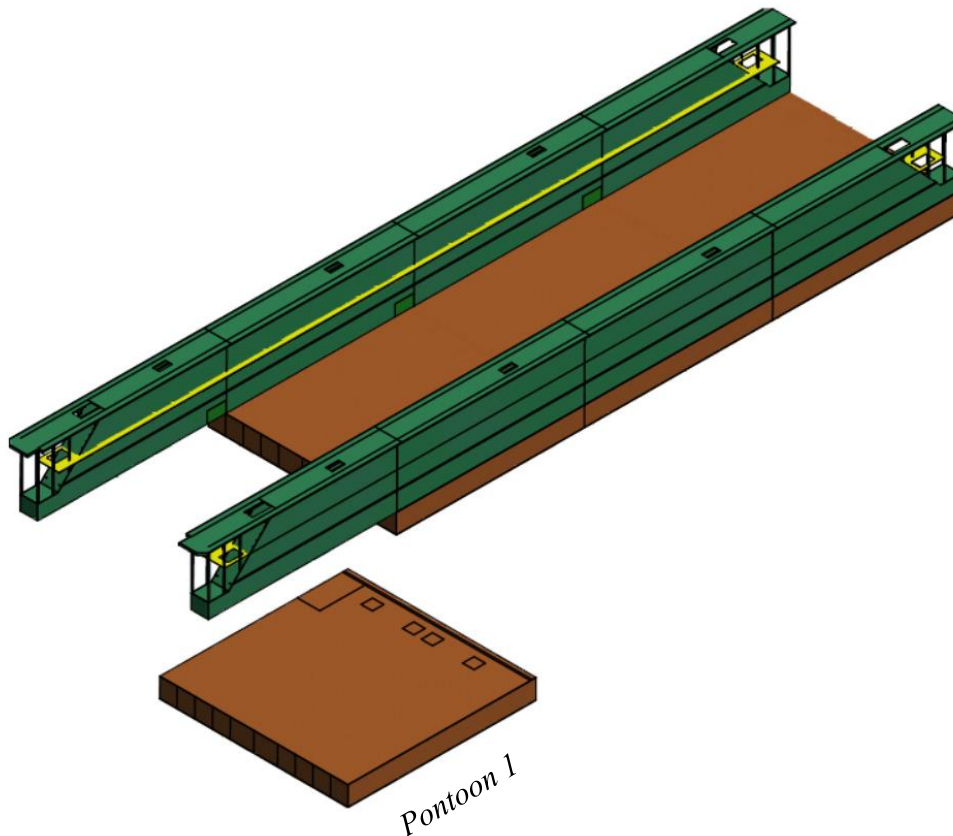


Gambar 6.6 Pembongkaran Pompa Kompartemen 1

- Ket:
- (a) Potongan pelat pada *pontoon deck*
 - (b) Posisi pompa dan pipa pada *pontoon*
 - (c) Tampak atas pembongkaran pompa
 - (d) Posisi pipa baru yang dapat ditambahkan

Selama berada di atas dok , pompa pada bagian *starboard* dok apung dibongkar dan disimpan terlebih dahulu sebelum nantinya akan dipasang pada kompartemen berikutnya. Selain pembongkaran pompa yang dilakukan, penambahan pipa pada pompa *portside* juga perlu dilakukan agar pompa tersebut dapat mengisi bagian *pontoon* yang sebelumnya diisi oleh pompa *starboard*. Diameter pipa yang dipasang disesuaikan dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya (lihat Tabel 5.17). Setelah proses pembongkaran dan pemasangan pipa baru dilakukan selanjutnya adalah proses penyambungan kembali *pontoon* dengan dok apung. Penyambungan dilakukan dengan pengelasan, sedangkan untuk letak sambungannya

berada pada posisi potongan *pontoon* dengan *sidewall* (lihat Gambar 6.5). sedangkan untuk bentuk sambungan dapat dilihat pada Gambar 5.22

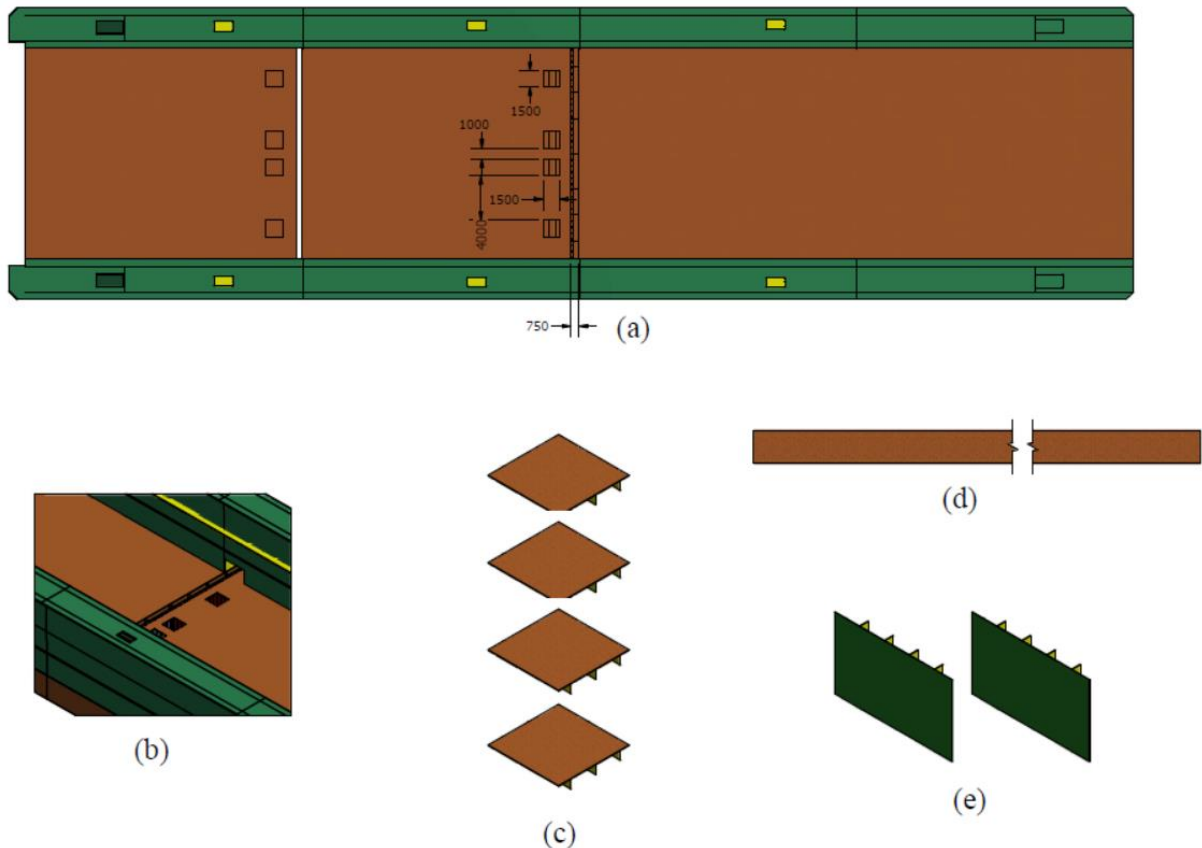


Gambar 6.7 Penyambungan *pontoon 1* dengan *sidewall*

Proses penyambungan dok apung tidak dapat sembarangan dilakukan, sebelum *pontoon* disambungkan kembali dengan dok apung perlu adanya penambahan *ballast* pada *pontoon* tersebut. Hal ini dilakukan untuk mengurangi sarat dari *pontoon* agar dapat memasuki bagian bawah *sidewall*. Diketahui dari Tabel 5.11 bahwa sarat dari dok apung pada saat proses konversi adalah sebesar 0,687 m. Selama proses penyambungan *pontoon* dengan dok apung sarat tersebut juga harus dimiliki oleh *pontoon*. *Pontoon 1* memiliki berat total sebesar 213,781 ton dengan luas permukaan *buoyancy* sebesar 24,5 m x 25 m sehingga sarat dari *pontoon* apabila tidak ada penambahan *ballast* adalah sebesar 0,34 m. Penambahan *ballast* yang dilakukan harus membuat sarat dari dok apung mendekati nilai 0,687 m sehingga penambahan *ballast* yang dibutuhkan adalah sebesar 225,687 ton atau lebih mudahnya ketinggian *ballast* pada tangki *pontoon* adalah sebesar 0,35 m.

6.2.2. Tahap 2

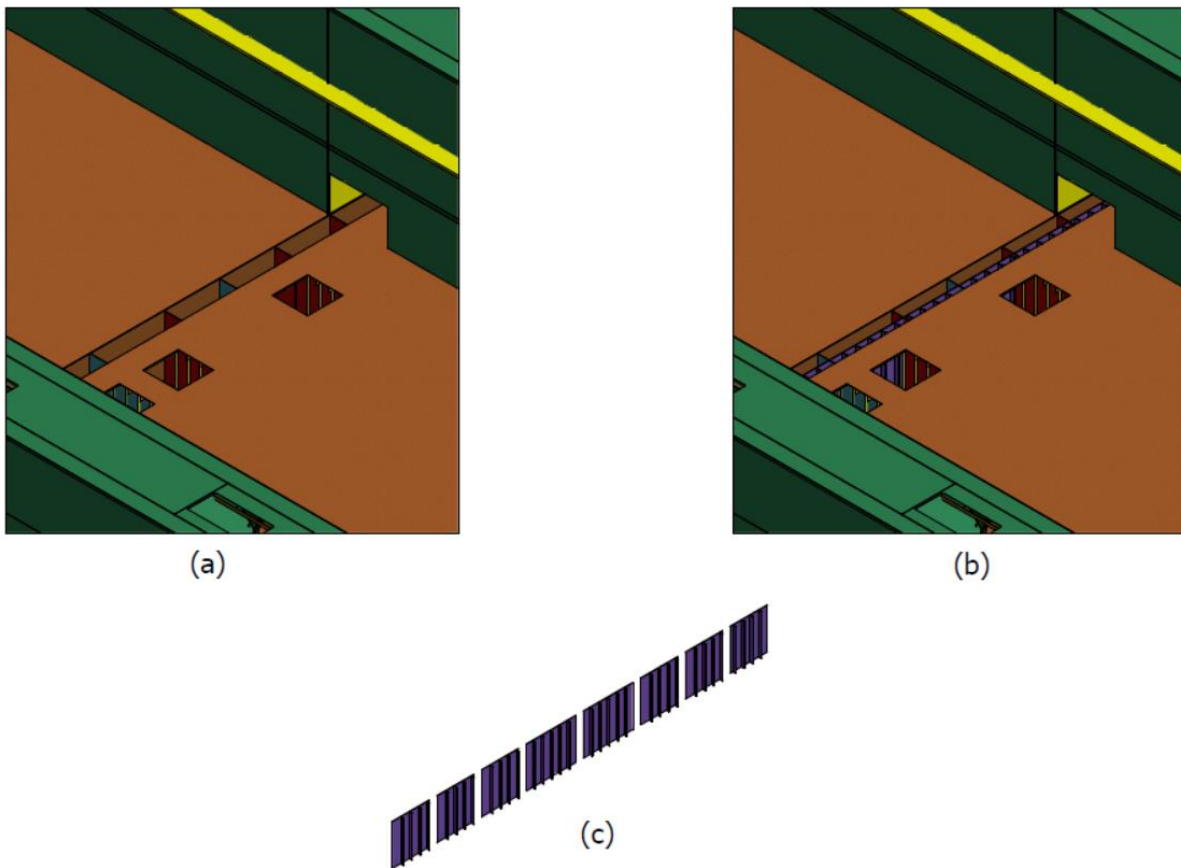
Pada tahap kedua ini proses yang dilakukan hampir sama seperti proses pada tahap sebelumnya, yakni dimulai dengan pemotongan pelat pada *pontoon deck* dilanjutkan dengan pemotongan pelat pada *sidewall* kemudian pemotongan pelat *pontoon deck* dibawah *sidewall* (lihat Gambar 6.8) kemudian pemasangan sekat dan pemotongan *pontoon* kemudian pemisahan *pontoon* dengan *sidewall*, setelah itu *pontoon* kembali dinaikan ke atas dok (*self repair*).



Gambar 6.8 Pemotongan Pelat *Pontoon* Tahap 2

- Ket:
- (a) Ukuran potongan pelat *pontoon deck* tahap 1
 - (b) Tampak potongan pelat *pontoon deck*
 - (c) Potongan pelat sebagai akses ke dalam *pontoon* dimensi 1500x1500
 - (d) Potongan pelat sebagai akses masuk penambahan sekat dimensi 25000x750
 - (e) Potongan pelat pada *sidewall* dimensi 2500x1500

Pada Gambar 6.8 menunjukkan bagian dari *pontoon deck* yang perlu dipotong pada tahap 2. Dapat dilihat dimensi dari potongan beserta letak pemotongannya pada gambar di atas. Setelah pelat akses berhasil dipotong maka selanjutnya adalah memotong pelat untuk akses masuknya sekat, pemotongan dilakukan dari dalam *pontoon*. Jumlah akses yang berjumlah empat buah dikarenakan jumlah kompartemen dok secara melintang terdapat empat kompartemen sehingga perlu akses terhadap masing-masing kompartemen (lihat Gambar 4.1).



Gambar 6.9 Pemasangan Sekat pada Tahap 2

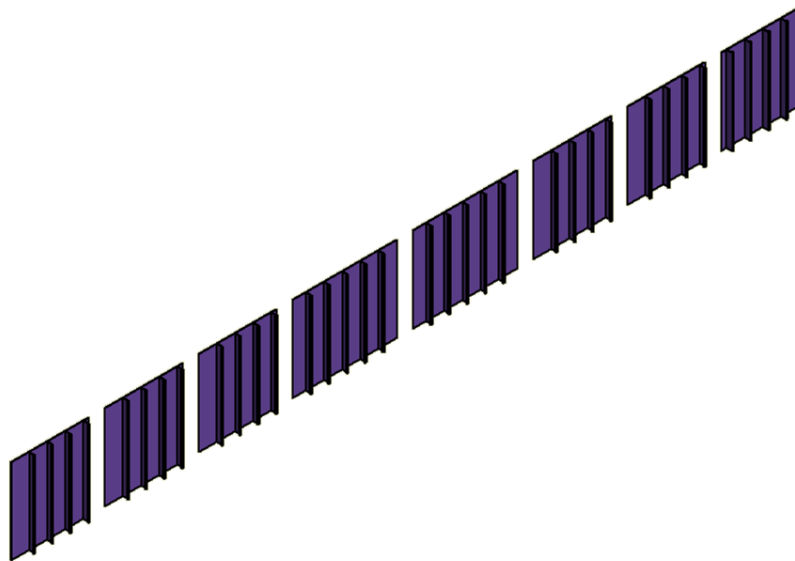
- Ket: (a) Detail potongan pelat *pontoon* dan *sidewall* sebelum penambahan sekat
 (b) Detail potongan pelat *pontoon* dan *sidewall* setelah penambahan sekat
 (c) Sekat tambahan

Pada Gambar 6.9 ditunjukkan permukaan dari *pontoon* dok setelah dek *pontoon* nya dilubangi. Selanjutnya setelah didapatkan hasil seperti gambar tersebut diatas maka pemasangan sekat dapat dilakukan. Setelah proses pemotongan *pontoon deck* pada tahap 2 selesai dilakukan maka selanjutnya dapat dilanjutkan pemasangan *watertight bulkhead* untuk memisahkan kompartmen *pontoon* secara memanjang. Pemasangan sekat dilakukan secara terpisah dikarenakan terdapat girder memanjang yang membagi *pontoon* secara melintang (lihat Gambar 4.1). Oleh karena itu pemasangan sekat dilakukan secara terpisah sesuai dengan ukuran tiap kompartmen yang dipisahkan oleh girder memanjang. Untuk pemasangan sekat bagian bawah *sidewall* pertama-tama perlu dilakukan proses pemotongan pelat *sidewall* dan pelat *pontoon deck* yang berada dibawah *sidewall* pemotongan dilakukan untuk pembuatan akses agar *watertight bulkhead* tambahan dapat dipasang. Ukuran potongan pada *sidewall* sebesar

2500 mm x 1500 mm. Ukuran tersebut sudah cukup untuk memasukan *watertight bulkhead* pada bagian *pontoon* bagian bawah *sidewall*. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 6.9

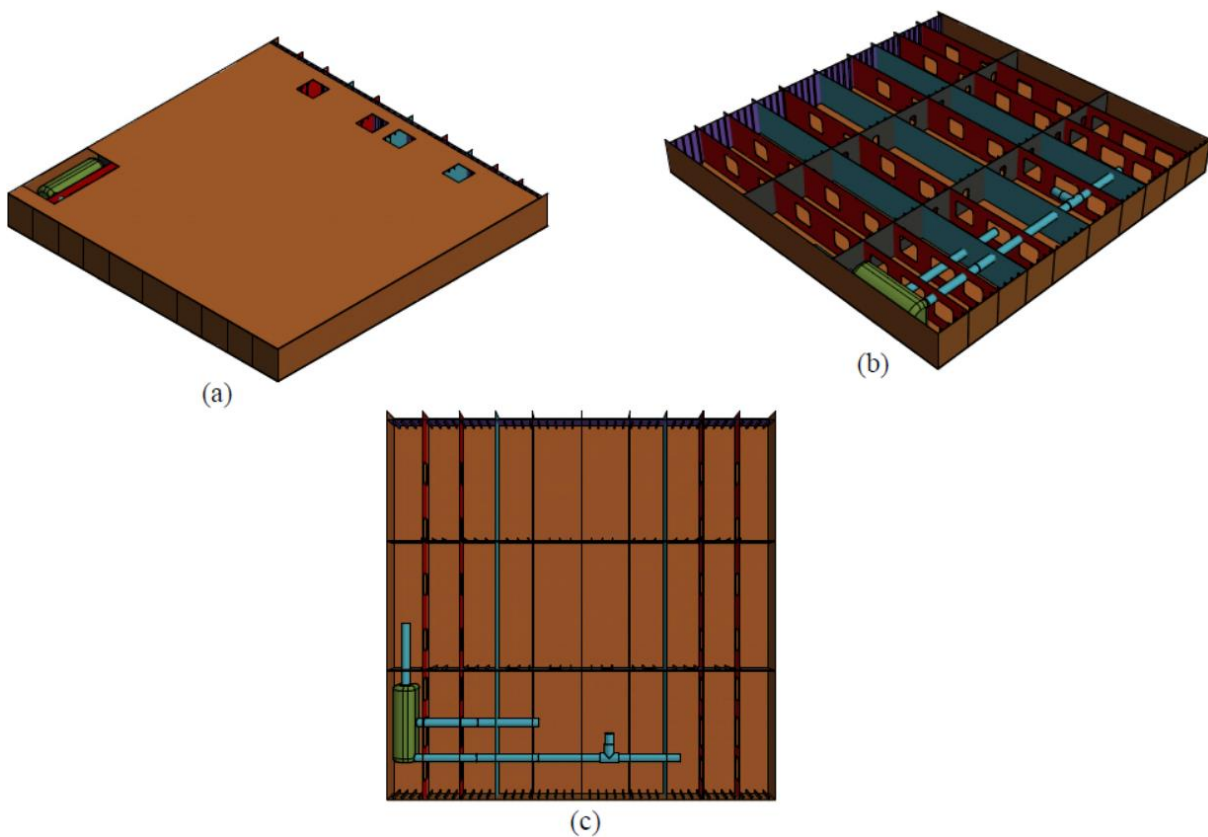
Pada Gambar 6.9 ditunjukkan pemasangan sekat pada *pontoon* yang dilakukan pada tahap 2. Gambar berwarna hijau merupakan *sidewall*, warna coklat merupakan *pontoon*, warna biru merupakan sekat kedap air memanjang, warna ungu merupakan sekat tambahan yang dipasang pada *pontoon*. Pemasangan sekat dilakukan secara terpisah sesuai dengan jarak antar girder, terdapat dua variasi jarak antar girder yakni sebesar 3150 mm dan 2350 mm. sehingga sekat yang dipasang memiliki dimensi 3150 x 2600 mm dan 2350 x 2600 mm. Setelah proses pemasangan sekat selesai dilakukan tahap 1 ini dapat dilanjutkan dengan memotong *shell pontoon* bagian *side* dan *bottom*, serta dapat juga memotong *pontoon* dengan *sidewall*-nya. Letak potongan *sidewall* yang dapat dilakukan untuk memisahkan bagian *pontoon* dengan *sidewall* dapat dilihat pada

Gambar 6.5.



Gambar 6.10 Sekat Tambahan

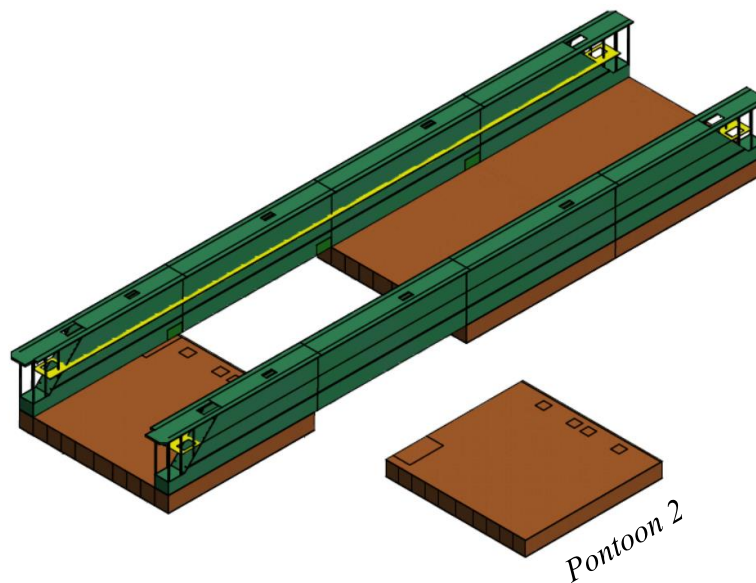
Sekat yang akan dipasang memiliki dimensi sebesar 2.6 m untuk tingginya dengan lebar bermacam-macam sesuai dengan lebar kompartmen yang akan dipasang. Terdapat dua variasi ukuran kompartmen yakni 3150 mm dan 2350 mm. setelah proses pemasangan dilakukan maka hasil yang diharapkan dapat dilihat pada Gambar 6.9. Setelah sekat berhasil di pasang maka *pontoon* dapat dipisahkan dengan *sidewall* nya, untuk letak pemotongan pelat pada *sidewall* dapat dilihat pada Gambar 6.5. setelah *pontoon* berhasil dipisahkan dengan *sidewall* maka kulit *pontoon* bagian *side* dan *bottom* juga dapat dipotong. Setelah *pontoon* dipisahkan dengan *sidewall* dan *pontoon* dinaikkan ke atas dok untuk dilakukan pekerjaan selanjutnya.



Gambar 6.11 Pemasangan pompa pada *pontoon 2*

- Ket: (a) Potongan pelat pada *pontoon deck*
 (b) Posisi pompa dan pipa pada *pontoon 2*
 (c) instalasi pipa baru

Gambar 6.11 menunjukkan keadaan bagian dalam *pontoon* setelah konversi dilakukan. Konversi dilakukan di atas dok, dapat dilihat pada gambar tersebut di atas letak pompa pada *pontoon 2* yang mana pompa tersebut merupakan pompa dari *pontoon 1* yang dibongkar sebelumnya. Dalam proses pemasangan pompa tersebut diperlukan akses untuk memasukkan pompa baru yang akan dipasang, akses tersebut dibuat dengan memotong *pontoon deck* dengan dimensi potongan 6000 mm x 3000 mm. Setelah pemasangan pompa tersebut selesai dilakukan maka selanjutnya proses pemotongan sisa konstruksi dan proses *coating* dapat dilanjutkan. Setelah semua proses konversi di atas dok selesai maka *pontoon 2* dapat disambungkan dengan dok apung kembali, penyambungan dilakukan dengan menggunakan pengelasan dan untuk letak sambungannya sama seperti letak pemisahan *pontoon* dengan dok apung (lihat Gambar 6.5). sedangkan untuk bentuk sambungannya dapat dilihat pada Gambar 5.22

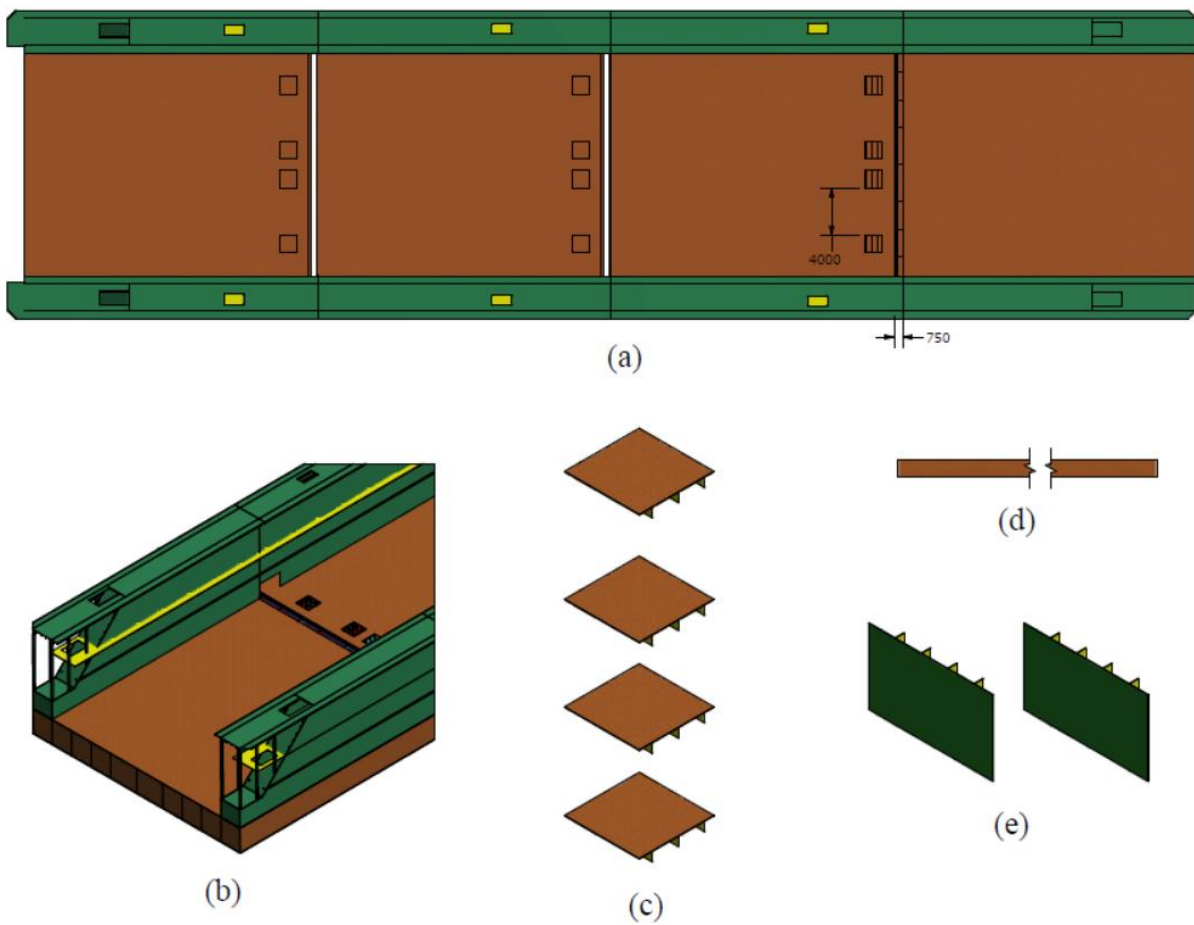


Gambar 6.12 Penyambungan *Pontoon 2* dengan *Sidewall*

Sebelum *pontoon* disambungkan kembali dengan dok apung perlu adanya penambahan *ballast* pada *pontoon* tersebut. Hal ini dilakukan untuk mengurangi sarat dari *pontoon* agar dapat memasuki bagian bawah *sidewall*. Diketahui dari Tabel 5.11 bahwa sarat dari dok apung pada saat proses konversi adalah sebesar 0,687 m. Selama proses penyambungan *pontoon* dengan dok apung sarat tersebut juga harus dimiliki oleh *pontoon*. *Pontoon 2* memiliki berat total sebesar 213,781 ton dengan luas permukaan *buoyancy* sebesar 24,5 m x 25 m sehingga sarat dari *pontoon* apabila tidak ada penambahan *ballast* adalah sebesar 0,34 m. Penambahan *ballast* yang dilakukan harus membuat sarat dari dok apung mendekati nilai 0,687 m sehingga penambahan *ballast* yang dibutuhkan adalah sebesar 225,687 ton atau lebih mudahnya ketinggian *ballast* pada tangki *pontoon* adalah sebesar 0,35 m.

6.2.3. Tahap 3

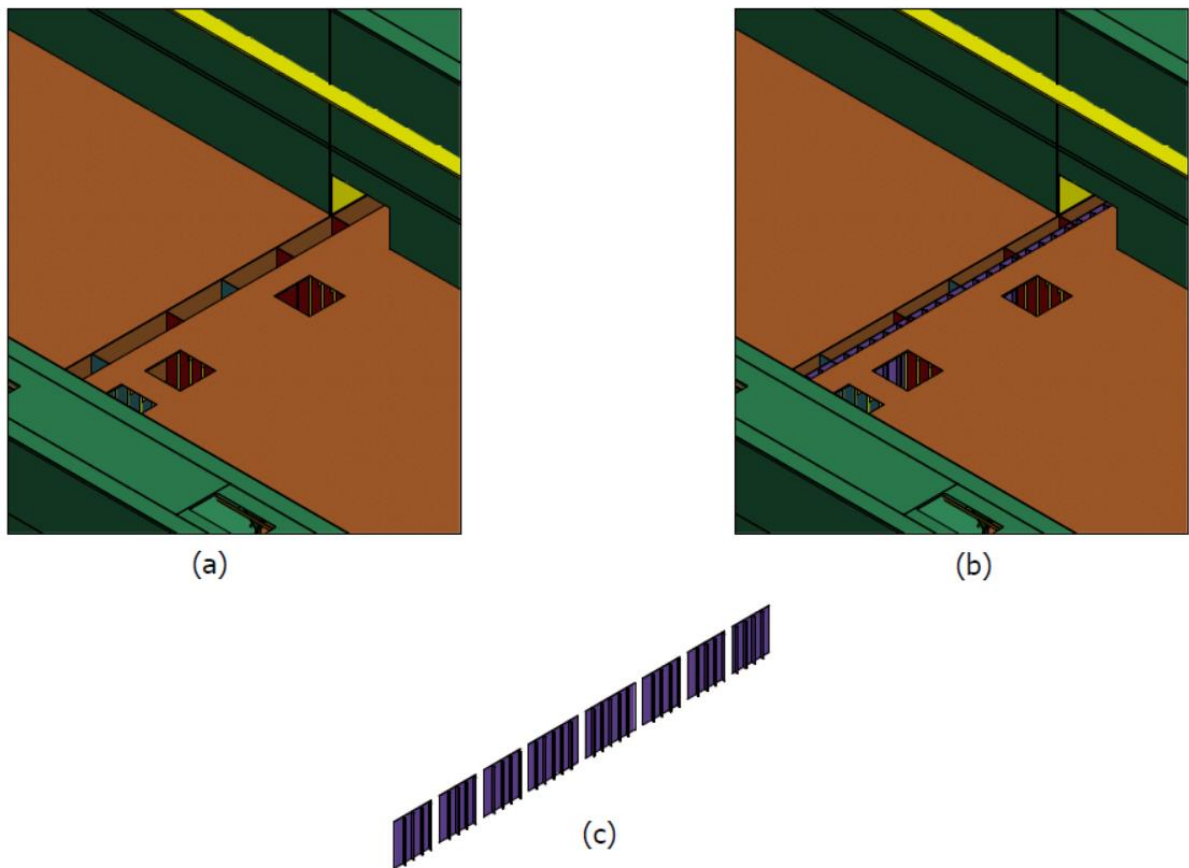
Sama seperti pada tahap 1 dan 2, pada tahap 3 ini dok apung pertama-tama dilubangi bagian *pontoon deck* nya sebagai akses dan sebagai jalur masuknya sekat yang akan ditambahkan. Dimensi dan letak potongan pada *pontoon deck* dapat dilihat pada Gambar 6.13



Gambar 6.13 Pemotongan Pelat *Pontoon* Tahap 3

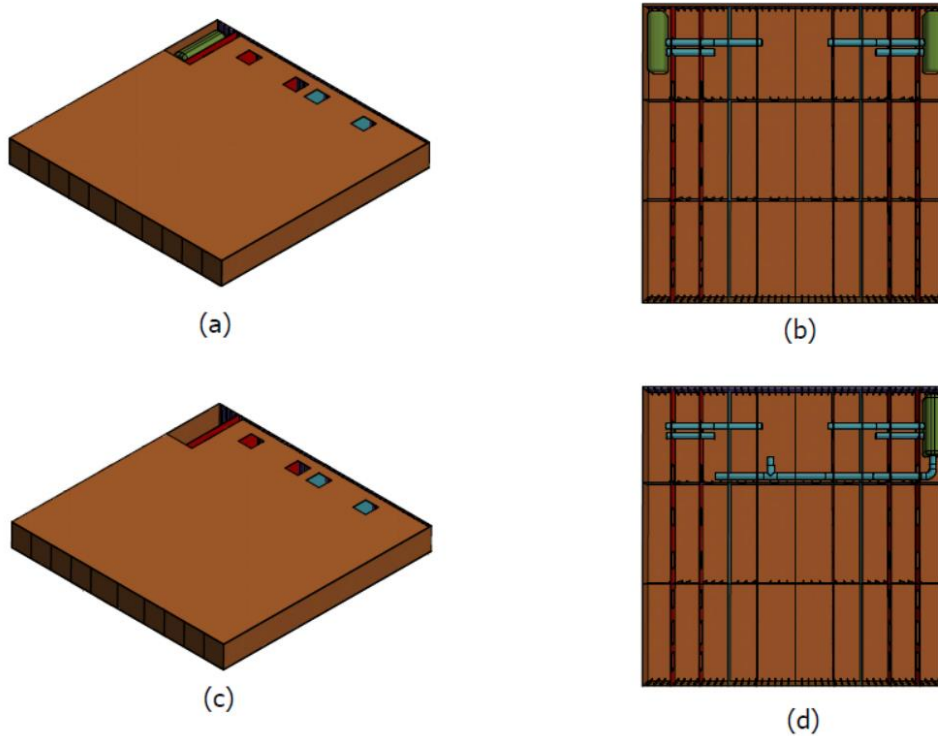
Gambar 6.13 menunjukkan bagian dari *pontoon* deck yang perlu dipotong pada tahap 3. Dapat dilihat dimensi dari potongan beserta letak pemotongannya pada gambar di atas. Setelah pelat akses berhasil dipotong maka selanjutnya adalah memotong pelat untuk akses masuknya sekat, pemotongan dilakukan dari dalam *pontoon*. Jumlah akses yang berjumlah empat buah dikarenakan jumlah kompartemen dok secara melintang terdapat empat kompartemen sehingga perlu akses terhadap masing-masing kompartemen (lihat Gambar 4.1). Setelah proses pemotongan *pontoon deck* pada tahap 3 selesai dilakukan maka selanjutnya dapat dilanjutkan pemasangan *watertight bulkhead* untuk memisahkan kompartemen *pontoon* secara memanjang. Pemasangan sekat dilakukan secara terpisah dikarenakan terdapat girder memanjang yang membagi *pontoon* secara melintang (lihat Gambar 4.1). Oleh karena itu pemasangan sekat dilakukan secara terpisah sesuai dengan ukuran tiap kompartemen yang dipisahkan oleh girder memanjang. Untuk pemasangan sekat bagian bawah *sidewall* pertama-tama perlu dilakukan proses pemotongan pelat *sidewall* dan pelat *pontoon deck* yang berada di bawah *sidewall* pemotongan dilakukan untuk pembuatan akses agar *watertight bulkhead* tambahan dapat dipasang. Ukuran potongan pada *sidewall* sebesar 2500 mm x 1500 mm. Ukuran tersebut sudah

cukup untuk memasukkan *watertight bulkhead* pada bagian *pontoon* bagian bawah *sidewall*. Untuk lebih jelasnya lihat Gambar 6.14.



Gambar 6.14 Tahap Pemasangan Sekat Tahap 3

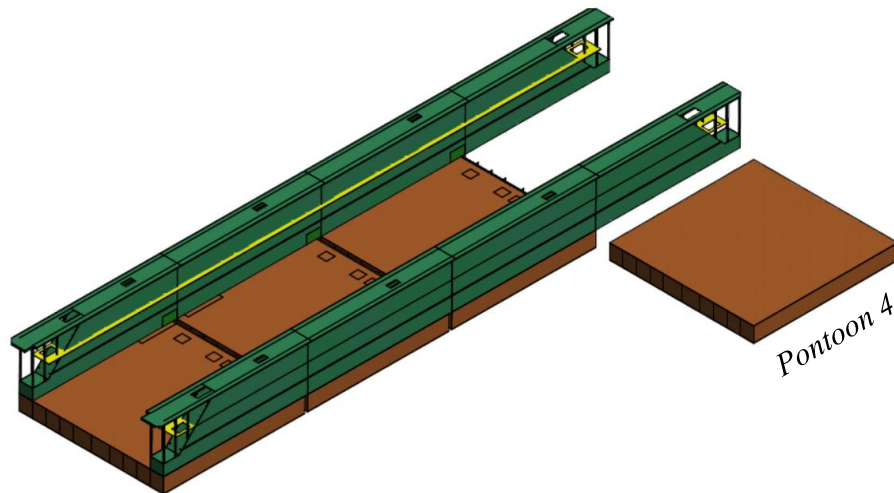
Setelah proses pemotongan berhasil dilakukan maka kompartemen berpompa tersebut dipisahkan dengan *sidewall*-nya dengan letak pemotongan dapat dilihat pada Gambar 6.5. setelah pelat berhasil dipotong dan kompartemen berpompa sudah terpisah dengan *sidewall* hal selanjutnya yang dilakukan adalah menaikkan *pontoon 4* ke atas dok.



Gambar 6.15 Pembongkaran Pompa Kompartemen 4

- Ket: (a) Potongan pelat pada *pontoon deck*
 (b) Posisi pompa dan pipa pada *pontoon*
 (c) Tampak atas pembongkaran pompa
 (d) Posisi pipa baru yang dapat ditambahkan

Selama berada di atas dok , pompa pada bagian *Portside* dok apung dibongkar dan disimpan terlebih dahulu sebelum nantinya akan dipasang pada kompartemen berikutnya. Selain pembongkaran pompa yang dilakukan, penambahan pipa pada pompa *starboard* juga perlu dilakukan agar pompa tersebut dapat mengisi bagian *pontoon* yang sebelumnya diisi oleh pompa *portside*. Diameter pipa yang dipasang disesuaikan dengan hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya (lihat Tabel 5.17). Setelah proses pembongkaran dan pemasangan pipa baru dilakukan selanjutnya adalah proses penyambungan kembali *pontoon* dengan dok apung. Penyambungan dilakukan dengan pengelasan, sedangkan untuk letak sambungannya berada pada posisi potongan *pontoon* dengan *sidewall* (lihat Gambar 6.5).

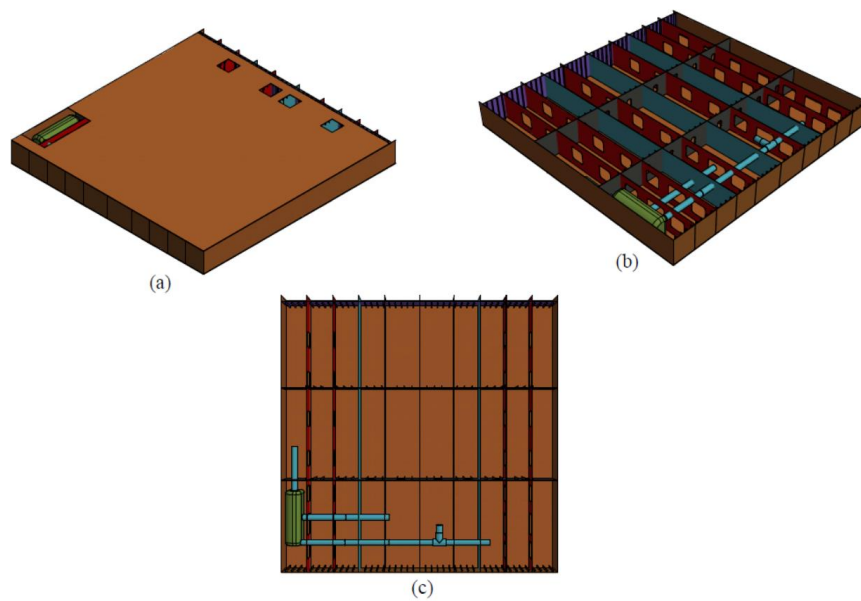


Gambar 6.16 Penyambungan *Pontoon 4* dengan *Sidewall*

Sebelum *pontoon* disambungkan kembali dengan dok apung perlu adanya penambahan *ballast* pada *pontoon* tersebut. Hal ini dilakukan untuk mengurangi sarat dari *pontoon* agar dapat memasuki bagian bawah *sidewall*. Diketahui dari Tabel 5.11 bahwa sarat dari dok apung pada saat proses konversi adalah sebesar 0,687 m. Selama proses penyambungan *pontoon* dengan dok apung sarat tersebut juga harus dimiliki oleh *pontoon*. *Pontoon 4* memiliki berat total sebesar 213,781 ton dengan luas permukaan *buoyancy* sebesar 24,5 m x 25 m sehingga sarat dari *pontoon* apabila tidak ada penambahan *ballast* adalah sebesar 0,34 m. Penambahan *ballast* yang dilakukan harus membuat sarat dari dok apung mendekati nilai 0,687 m sehingga penambahan *ballast* yang dibutuhkan adalah sebesar 225,687 ton atau lebih mudahnya ketinggian *ballast* pada tangki *pontoon* adalah sebesar 0,35 m.

6.2.4. Tahap 4

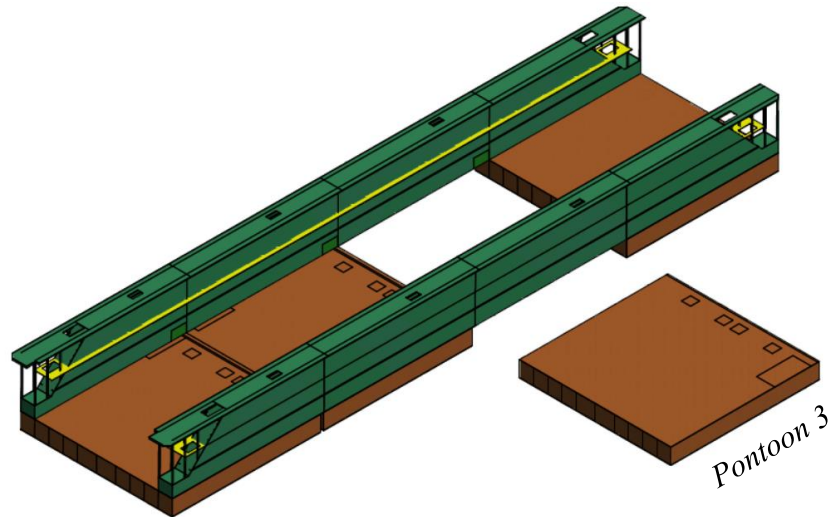
Pada tahap 4 ini tidak jauh berbeda dengan tahap-tahap sebelumnya, hanya saja pada tahap ini perlakuan pada saat *pontoon 4* di dok sama dengan perlakuan pada *pontoon 2*, yakni perlu adanya pemasangan pompa dan pipa untuk digunakan pada *pontoon 4*.



Gambar 6.17 Pompa dan Pipa pada *Pontoon 4*

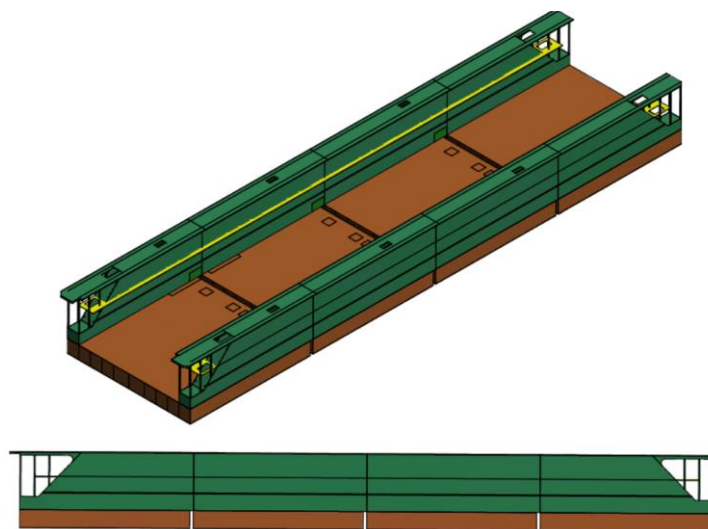
- Ket: (a) Potongan pelat pada *pontoon deck*
 (b) Posisi pompa dan pipa pada *pontoon 4*
 (c) instalasi pipa baru

Gambar 6.17 menunjukkan keadaan bagian dalam *pontoon* setelah konversi dilakukan. Konversi dilakukan di atas dok, dapat dilihat pada gambar tersebut di atas letak pompa pada *pontoon 3* yang mana pompa tersebut merupakan pompa dari *pontoon 4* yang dibongkar sebelumnya. Dalam proses pemasangan pompa tersebut diperlukan akses untuk memasukkan pompa baru yang akan dipasang, akses tersebut dibuat dengan memotong *pontoon deck* dengan dimensi potongan 6000 mm x 3000 mm. Setelah pemasangan pompa tersebut selesai dilakukan maka selanjutnya proses pemotongan sisa konstruksi dan proses *coating* dapat dilanjutkan. Setelah semua proses konversi di atas dok selesai maka *pontoon 3* dapat disambungkan dengan dok apung kembali, penyambungan dilakukan dengan pengelasan dan untuk letak sambungannya sama seperti letak pemisahan *pontoon* dengan dok apung (lihat Gambar 6.5).



Gambar 6.18 Penyambungan *Pontoon 3* dengan Dok apung

Sebelum *pontoon* disambungkan kembali dengan dok apung perlu adanya penambahan *ballast* pada *pontoon* tersebut. Hal ini dilakukan untuk mengurangi sarat dari *pontoon* agar dapat memasuki bagian bawah *sidewall*. Diketahui dari Tabel 5.11 bahwa sarat dari dok apung pada saat proses konversi adalah sebesar 0,687 m. Selama proses penyambungan *pontoon* dengan dok apung sarat tersebut juga harus dimiliki oleh *pontoon*. *Pontoon 3* memiliki berat total sebesar 213,781 ton dengan luas permukaan *buoyancy* sebesar 24,5 m x 25 m sehingga sarat dari *pontoon* apabila tidak ada penambahan *ballast* adalah sebesar 0,34 m. Penambahan *ballast* yang dilakukan harus membuat sarat dari dok apung mendekati nilai 0,687 m sehingga penambahan *ballast* yang dibutuhkan adalah sebesar 225,687 ton atau lebih mudahnya ketinggian *ballast* pada tangki *pontoon* adalah sebesar 0,35 m.



Gambar 6.19 Dok Apung Hasil Konversi

Gambar 6.19 menunjukkan dok apung hasil konversi, yang mana dimensi dari *pontoon 1* sebesar 24,5 m x 25 m x 2,6 m, *pontoon 2* 24,5 m x 25 m x 2,6 m, *pontoon 3* 24,5 m x 25 m x 2,6 m, dan *pontoon 4* 25 m x 25 m x 2,6 m dengan jarak antar *pontoon* sebesar 500 mm.

6.3. Analisis Ekonomis

Analisis ekonomis tidak dilepaskan dari biaya-biaya yang diakibatkan oleh suatu kegiatan. Dalam proses konversi ini dilakukan perhitungan biaya konversi guna mengetahui besarnya biaya yang dibutuhkan untuk mengkonversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon*. Perhitungan biaya dilakukan dengan mempertimbangkan penambahan konstruksi, biaya pengecatan, dan biaya pemotongan pelat. Biaya sewa dok dapat diabaikan mengingat dok apung yang akan dikonversi dilakukan oleh galangan pemilik dok apung tersebut sehingga dapat menggunakan fasilitas galangan yang tersedia. Pembelian pompa baru tidak diperlukan mengingat pompa yang digunakan selama konversi merupakan pompa eksisting dari dok apung itu sendiri.

6.3.1. Biaya Konversi Dok Apung

Pada perhitungan biaya konversi dok apung, ada banyak hal yang perlu diperhitungkan. Besar biaya akan diklarifikasikan menurut fungsinya. Klarifikasi biaya dalam tahap ini adalah berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari galangan. Adapun klarifikasi biaya dalam konversi dok apung ini adalah :

1. Biaya material langsung
 - Biaya material pokok (pelat dan *profile*,)
 - Biaya material bantu (oksigen, *asitelin*, dan konsumsi material kecil)
2. Biaya tenaga kerja langsung
3. Biaya lain-lain

1. Biaya material langsung

Biaya material langsung adalah besar biaya yang dikeluarkan untuk kebutuhan material selama proses produksi berlangsung. Biaya kebutuhan material terdiri dari biaya untuk material pokok utama dan biaya material bantu. Biaya material pokok adalah biaya untuk kebutuhan material baku dalam proses konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon*. Karena prosentase biaya material pokok dinilai cukup kecil dan berpengaruh kecil terhadap total biaya yang dikeluarkan pada proses konversi dok apung tersebut. Material utama yang dimaksud adalah material pelat, profil, dan pipa. Sedangkan biaya material bantu yaitu biaya yang dikeluarkan untuk kebutuhan material pembantu atau penunjang

proses produksi. Meski nilainya lebih kecil dari pada nilai biaya kebutuhan material pokok, tetapi hal ini tidak boleh diabaikan dalam perhitungan biaya konversi dok apung. Material bantu yang dimaksud adalah gas oksigen, *asitelin*, kawat las, dan lain-lain.

Dalam perhitungan biaya material pelat yang perlu dilakukan terlebih dahulu adalah perhitungan berat pelat yang ditambahkan. Sesuai rincian pada Tabel 5.18, didapat bahwa penambahan konstruksi sebesar 31,81 ton untuk 4 *pontoon* sehingga menjadi 127,2 ton.

Untuk mendapat besar biaya, total berat pelat perlu dikonversi ke dalam satuan uang. Diketahui bahwa harga pelat baja (*Grade A* dan *KB*) sebesar 9.800 rupiah/kg. Dengan mengalikan total berat dengan harga per kilogram pelat maka akan didapat besar biaya kebutuhan pelat. Jadi total biaya untuk keperluan pelat material sebesar $31.810 \times 9.800 = \text{Rp.}311.738.000$ -. Berat sebesar 31.810 kg tersebut termasuk berat pelat baja yang digunakan sebagai sekat dan penguat sekat.

2. Biaya tenaga kerja langsung

Biaya tenaga kerja langsung adalah besar biaya yang dikeluarkan untuk kebutuhan tenaga langsung selama proses produksi berlangsung. Pada suatu kontrak suatu proyek baik pembangunan kapal baru atau reparasi tertulis bahwa waktu tertentu yang telah disepakati maka pekerjaan harus sudah selesai. Untuk memenuhi hal itu, maka diperlukan perencanaan mengenai jumlah jam orang yang akan dibutuhkan. Pada suatu proses produksi satu dengan yang lain tentunya memiliki perbedaan jumlahnya. Perbedaan ini tergantung pada faktor kesulitan selama pengerjaan, jumlah pekerja yang mengerjakan dan jumlah beban yang dikerjakan.

Dikarenakan jumlah pekerjaan yang akan dikerjakan masih dapat diatasi oleh pihak galangan maka tidak perlu menggunakan sumber tenaga kerja dari luar, cukup menggunakan sumber daya yang dimiliki oleh galangan. Pada konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* akan dikerjakan di dok apung itu sendiri (*self repair*). Setelah dok apung dilubangi pada bagian dek *pontoon*-nya, maka pemasangan sekat dapat dilakukan dilanjutkan dengan pemotongan *pontoon* dan pemisahan *pontoon* dengan *sidewall*-nya.

Dalam perhitungan biaya kebutuhan tenaga kerja ini akan dibagi menurut proses pekerjaannya. Mulai dari proses pemisahan dan pemotongan, dilanjutkan proses farikasi, *sub assembly*, dan *assembly*.

a. Pemotongan Konstruksi

Pemotongan konstruksi merupakan proses awal yang harus dilakukan sebelum melakukan konversi lebih lanjut. Proses pemotongan dilakukan pada *pontoon* dan urutan pengerjaannya disesuaikan dengan tahap-tahap konversi yang sudah dijelaskan sebelumnya. Pada tiap tahap besarnya potongan pelat *pontoon* yang dilakukan memiliki dimensi yang sama. Pada Gambar 6.3 ditunjukkan gambar potongan pelat dari *pontoon deck* yang akan dilakukan. Terdapat potongan pelat yang digunakan sebagai akses untuk menuju bagian dalam *pontoon* serta potongan pelat yang digunakan untuk akses masuknya sekat tambahan, dimensi dari pelat yang dipotong untuk akses ke bagian dalam *pontoon* berukuran 1500 mm x 1500 mm berjumlah 12 buah potongan, selain pada *pontoon deck* pemotongan juga dilakukan pada *sidewall* dengan dimensi 2500 mm x 1500 mm berjumlah 3 buah tiap *sidewall*. Pemotongan konstruksi juga dilakukan pada bagian *girder* yang berada di dalam *pontoon girder* memanjang dipotong sepanjang tinggi dari *girder* tersebut, *girder* pada bagian dalam *pontoon* memiliki tinggi yang sama dengan tinggi *pontoon* sehingga panjang potongannya sebesar 2600 mm

Tabel 6.1 Potongan Pelat

Potongan Pelat	Panjang (mm)	Jumlah	Total (mm)
<i>Pontoon deck</i>	1500	32	48.000
<i>Pontoon deck</i>	1000	32	32.000
<i>Pontoon deck</i>	25000	8	200.000
<i>Pontoon deck</i>	1500	8	12.000
<i>Pontoon (bottom)</i>	25000	4	100.000
<i>Pontoon (side)</i>	2600	8	20.800
<i>Girder</i>	2600	108	280.800
<i>Sidewall</i>	3500	16	56.000
<i>Sidewall</i>	1500	16	24.000
<i>Sidewall</i>	2300	4	9.200
<i>Sidewall</i>	100000	4	400.000
<i>Pontoon frame</i>	37800	40	1.512.000
<i>sidewall frame</i>	63000	9	567.000
Total			3.261.800

Tabel 6.1 menunjukkan rekapitulasi panjang potongan pelat yang dilakukan selama proses konversi. panjang potongan pelat tersebut nantinya akan digunakan untuk mencari besarnya biaya yang dibutuhkan untuk mengonversi dok apung dari *single pontoon* menjadi *multi pontoon*. Besarnya nilai panjang tersebut diperoleh dari panjang potongan yang digunakan sebagai akses pada *pontoon deck* dan juga pada saat pemisahan *sidewall* dengan *pontoon*.

Setelah dilakukan perhitungan panjang pelat pemotongan yang perlu dilakukan maka selanjutnya adalah menghitung biaya yang dibutuhkan untuk memotong pelat tersebut. Perhitungan biaya dilakukan dengan mencari kebutuhan Jam orang/menit yang nanti akan dikalikan dengan biaya terhadap jam orang/menit tersebut. Namun sebelum dapat mengetahui kebutuhan jam orang/menit terlebih dahulu perlu diketahui produktivitas dari galangan yang hendak mengerjakan pekerjaan tersebut. Dikarenakan kekurangan data seputar produktivitas galangan yang dimiliki oleh penulis maka digunakan data produktivitas dan data biaya per satuan JO yang dimiliki oleh penulis. Data tersebut merupakan data sekunder yang didapat penulis dari hasil studi *literatur*, adapun data produktivitas tersebut sebagai berikut:

- Pada satu proses *cutting* manual di bengkel fabrikasi didapatkan besar produktivitas sebesar 1500 menit/lembar pada ukuran pelat normal (12000 x 1800 x 12) di mana 1 jam = 60 menit
- Panjang *cutting* = $2 \times (1200 + 1800) = 27600 \text{ mm} = 27.6 \text{ m}$
- Satuan produktivitas = $\frac{1500/60}{27.6} = 0.92 \text{ JO/m}$

Dengan menggunakan data produktivitas tersebut di atas maka besar kebutuhan JO dapat dihitung. Sehingga $3261,8 \text{ m} \times 0.92 \text{ Jo/m}$ sama dengan 3000,856 Jo. Karena kebutuhan Jo sudah didapatkan selanjutnya dikalikan dengan harga per Jo yakni sebesar Rp. 27.100, Jadi besar biaya kebutuhan Jo *cutting* yaitu $3000,856 \times \text{Rp. } 27.100 = \text{Rp } 81.323.198$

b. Fabrikasi

Fabrikasi merupakan tahap awal dalam proses produksi. Proses pada tahap fabrikasi terdiri atas proses pemotongan pelat (*cutting*), *bending*, dan *fairing*. Sebelum proses itu dilakukan terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan dan mengidentifikasi material untuk pemeriksaan. *Cutting* adalah pemotongan pelat baik secara manual (mesin brander), secara semi otomatis (mesin *cutting brander semi automatic*) maupun dengan otomatis (mesin CNC). *Bending* adalah proses pembengkokan pelat atau profil agar sesuai dengan bentuk yang diinginkan. Sedangkan *fairing* adalah proses pembentukan kembali akibat adanya *deformasi* pada pelat dengan menggunakan air sebagai medianya.

Dalam perhitungan biaya kebutuhan Jo fabrikasi yang perlu ditentukan pertama kali adalah beban kerja yang akan dikerjakan. Pada konversi dok apung ini beban kerjanya adalah penambahan konstruksi akibat perubahan *pontoon*. Untuk selanjutnya akan menggunakan beban kerja yang sama pada tiap tahap produksi.

Dimulai pada tahap fabrikasi sekat, pada Tabel 5.18 telah diketahui beban penambahan konstruksi selama proses konversi dilakukan yakni sebesar 31,81 ton tiap *pontoon*. Beban kerja tersebut dikalikan dengan produktivitas fabrikasi dari galangan yang diperoleh. Satuan produktivitas didapat dari data sekunder realisasi Jo yang dimiliki oleh penulis.

Tabel 6.2 Data Jam Orang per-Bengkel

No.	Bengkel	Realisasi JO	Produktivitas (JO/ton)
1	<i>Fabrikasi</i>	104	31,31
2	<i>Sub- Assembly</i>	1.010	32,19
3	<i>Assembly</i>	855	27,25
4	<i>Grand Assembly</i>	170	5,42
5	<i>Erection</i>	142	4,53
Total		2.281	72,70

Dari data tersebut di atas diketahui bahwa produktivitas untuk pekerjaan fabrikasi adalah sebesar 31,31 Jo/ton. Setelah besaran produktivitas didapat, maka kebutuhan Jo untuk proses fabrikasi metode konversi 1 dapat dihitung yaitu sebesar $127,2 \text{ ton} \times 3,31 \text{ Jo/ton} = 3983,884 \text{ Jo}$. Karena kebutuhan Jo sudah didapat maka selanjutnya untuk mencari kebutuhan biaya yang dibutuhkan selama proses fabrikasi metode konversi 1 adalah dengan mengalikan kebutuhan Jo dengan harga per Jo yang dimiliki, yakni sebesar Rp 27.100,-. Sehingga kebutuhan biaya untuk proses fabrikasi sebesar $3983,884 \times \text{Rp } 27.100,- = \text{Rp. } 107.963.267,-$

c. *Sub- assembly*

Sub-assembly merupakan tahap lanjut dari fabrikasi yang artinya hasil dari proses fabrikasi akan diteruskan di sini. Secara umum pekerjaan pada *sub-assembly* meliputi pekerjaan *welding* dan *fitting*. Jadi sejumlah komponen-komponen hasil fabrikasi akan digabungkan menjadi satu panel blok.

Proses perhitungan kebutuhan jam orang pada tahap *sub- assembly* tidak berbeda dengan proses perhitungan kebutuhan jam orang pada tahap fabrikasi yaitu mulai dari menentukan beban total pekerjaan yang akan dikerjakan, penentuan satuan produktivitas dan kebutuhan Jo didapatkan. Telah diketahui bahwa berat pekerjaan pada proses fabrikasi sebesar 127,2 ton dan karena pada tahap *sub-assembly* meneruskan pekerjaan dari fabrikasi maka beban kerja pada tahap ini sama dengan beban kerja pada

tahap fabrikasi yakni sebesar 127,2 ton, dengan menggunakan data produktivitas pada Tabel 6.2 maka diketahui bahwa produktivitas dari bengkel *sub-assembly* sebesar 32,19 Jo/ton. Sehingga didapat nilai kebutuhan Jam orang dari perkalian antara beban kerja dengan produktivitas yakni sebesar $127,2 \text{ ton} \times 32,19 \text{ Jo/ton} = 3095,856 \text{ Jam orang}$. Setelah nilai Jam orang yang dibutuhkan didapatkan maka biaya untuk proses *sub-assembly* dapat ditentukan dengan cara mengalikan kebutuhan Jam orang dengan harga per jam orang yang sudah diketahui sebelumnya yakni sebesar Rp 27.100,-. Maka, dapat disimpulkan bahwa kebutuhan biaya untuk proses *sub-assembly* adalah sebesar $3095,856 \text{ Jam orang} \times \text{Rp } 27.100,- = \text{Rp } 110.997.687,-$.

d. *Assembly*

Tahap *assembly* merupakan tahap lanjutan dari tahap *sub-assembly*, jadi hasil dari proses *sub-assembly* diteruskan di sini. Secara umum pekerjaan pada *assembly* meliputi pekerjaan *welding* dan *fitting*. Proses perhitungan jam orang pada tahap *assembly* ini tidak berbeda jauh dengan proses perhitungan pada tahap-tahap sebelumnya. Kebutuhan jam orang dapat didapatkan dengan cara mengalikan total beban dengan satuan produktivitasnya. Beban kerja yang digunakan masih sama seperti pada tahap sebelumnya yakni sebesar 127,2 ton hal ini dilakukan karena pada dasarnya proses *assembly* merupakan tahap yang meneruskan pekerjaan dari tahap sebelumnya yakni *sub-assembly* dan selama perpindahan proses produksi dari *sub-assembly* menuju *assembly* tidak ada pengurangan beban kerja yang disebabkan oleh faktor tertentu, sehingga beban kerja pada tahap *assembly* ini tetap sama dengan beban kerja pada tahap sebelumnya.

Kebutuhan jam orang yang dibutuhkan pada tahap *assembly* ini didapat dengan mengalikan beban kerja pada tahap ini dengan satuan produktivitasnya. Pada tahap *assembly* satuan produktivitas yang dimiliki oleh penulis dapat dilihat pada Tabel 6.2. Satuan produktivitas bengkel *assembly* yakni sebesar 27,25 Jo/ton. Setelah mengetahui satuan produktivitas bengkel *assembly* langkah selanjutnya adalah mengalikan nilai produktivitas tersebut dengan beban kerja guna mendapat nilai kebutuhan Jam orang, perhitungan sederhana dilakukan dan menghasilkan $127,2 \text{ ton} \times 27,25 \text{ Jo/ton} = 3467,29 \text{ Jam orang}$. Nilai kebutuhan Jam orang tersebut kemudian dikalikan dengan harga per jam orang guna mendapat biaya yang diperlukan pada tahap *assembly*. Diketahui dari data penulis bahwa harga per jam orang yakni sebesar Rp 27.100,-. Dari data tersebut maka didapatlah biaya yang dibutuhkan pada tahap *assembly* dengan mengalikan

kebutuhan jam orang dengan harga per jam orang sehingga diperoleh 3467,29 Jam orang x Rp 27.100, = Rp 93.963.559

Tabel 6.3 Rekapitulasi Biaya Tenaga Kerja Langsung Metode Konversi 1

No.	Pekerjaan	Biaya
1	<i>Cutting</i>	Rp 81.323.198
2	Fabrikasi	Rp 107.963.267
3	<i>Sub-assembly</i>	Rp 110.997.687
4	<i>Assembly</i>	Rp 93.963.559
Total		Rp 394.247.711

Setelah semua komponen biaya kebutuhan tenaga kerja didapat, maka akan dilakukan rekapitulasi total biaya tenaga kerja langsung metode konversi 1. Komponen biaya tersebut meliputi *cutting*, fabrikasi, *sub-assembly* dan *assembly*. Sehingga total biaya tenaga kerja langsung yakni sebesar Rp 394.247.711

3. Biaya Lain-Lain

Proses konversi dok apung ini terdapat biaya tambahan berupa penambahan *coating*. Biaya ini tidak dapat diabaikan mengingat pentingnya pelapisan kulit pelat dari dok apung untuk bertahan terhadap korosi. Untuk biaya yang diperlukan untuk *coating* dilakukan perhitungan singkat seputar berapa banyak *marine coat* yang diperlukan untuk melapisi permukaan kulit *pontoon* setelah konversi. Selain itu *loss factor* pada waktu pengecatan juga dipertimbangkan sesuai dengan tempat pengecatan, pengalaman pekerja dan biaya tenaga kerja. Untuk memperoleh besarnya biaya *coating* maka dilakukan perhitungan sederhana menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{FORMULA} \quad \frac{\text{AREA (m}^2\text{)} \times \text{DFT}}{10 \% \times \text{Vs} \times \text{Loss Factor}}$$

DFT : *Dry Film Thickness (mikrons)*

VS : *Volume Solid*, Kekentalan cat

Loss Factor : Tergantung pengalaman dan lokasi pengecatan.

Hasilnya adalah Liter, di mana 1 pail cat = 20 liter, 1 galon cat = 5 liter

Selama proses konversi bagian dari dok apung yang paling banyak mendapat pekerjaan adalah pada bagian *pontoon* sehingga seluruh permukaan *pontoon* perlu di-*coating* kembali, *coating* dilakukan dengan dua layer, yang pertama adalah *base layer* kemudian *esthetic layer*. Luas area yang perlu di-*coating* dapat dilihat pada Tabel 6.4

Tabel 6.4 Luas Area *Coating*

Nama	Panjang	Lebar	Jumlah	Area (m ²)
<i>Pontoon deck</i>	19.6	25	5	2.450
<i>Pontoon Side</i>	25	2.6	10	650
<i>Pontoon Side</i>	19.6	2.6	10	509,6
<i>Pontoon Bottom</i>	19.6	25	5	2.450
<i>Tank pontoon</i>	19.6	25	10	4.900
<i>Tank pontoon</i>	25	2.6	10	650
<i>Tank pontoon</i>	19.6	2.6	10	509,6
Total				12.119,2

Setelah semua komponen biaya didapat maka biaya konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* dapat ditentukan. Komponen-komponen biaya yang meliputi biaya material langsung, biaya tenaga kerja langsung dan biaya lain-lain. Jadi total biaya konversi adalah sebesar Rp 20.841.128.365,-

Tabel 6.5 Total Biaya Konversi Metode 1

Biaya Konversi		Jumlah	Satuan	Produktivitas (J.O/ton)	Jam Orang	Biaya	Total Biaya
Material		31.810	Kg			Rp 9.800	Rp 311.738.000
Tenaga Kerja	Cutting	3261,8	M	0.92	3000,8	Rp 27.100	Rp 81.323.198
	fabrikasi	127,2	Ton	31.31	4983,8	Rp 27.100	Rp 11.413.555
	sub-assembly	127,2	Ton	32.19	4.095	Rp 27.100	Rp 110.997.687
	assembly	127,2	Ton	27.25	3.467	Rp 27.100	Rp 93.963.559
Biaya Tenaga Kerja Langsung							Rp 226.982.175
Coating		363.6	pail			Rp 1.700.000	Rp 618.079.200
Design	<i>Basic Design</i>	1	buah			Rp 2.314.895.876	Rp 2.314.895.876
	<i>Production drawing</i>	1	buah			Rp 3.546.134.776	Rp 3.546.134.776
	<i>Keyplan</i>	1	buah			Rp 2.351.465.487	Rp 2.351.465.487
	<i>Final Drawing</i>	1	buah			Rp 2.550.354.760	Rp 2.550.354.760

Biaya Konversi		Jumlah	Satuan	Produktivitas (J.O/ton)	Jam Orang	Biaya	Total Biaya
Docking	<i>Sewa Dock</i>	36	Hari			Rp 100.000.000	Rp 3.600.000.000
	<i>Docking Undocking</i>	4	<i>Docking</i>			Rp 168.000.000	Rp 672.000.000
	<i>Tugboat</i>	4	Buah			Rp 25.235.000	Rp 100.940.000
	<i>Docking report</i>	1	Buah			Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
Biaya Tranport Material		886,9	Ton			Rp 1.758.867	Rp 1.560.004.000
Power Supply		475,2	KWh	15 mesin las		Rp 12.036	Rp 85.792.608
Perijinan		1				Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Asuransi		1				Rp1.316.513.982	Rp 1.316.513.982
Garansi		1				Rp 591.297.549	Rp 591.297.549
Total							Rp 20.051.463.949

6.3.2. Perbandingan Biaya

Setelah diketahui biaya konversi yang dibutuhkan untuk mengubah dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* maka selanjutnya dilakukan perbandingan biaya reparasi untuk mengetahui keuntungan apa yang didapat setelah proses konversi dilakukan. Untuk mengetahui keuntungan apa yang didapat terlebih dahulu perlu diketahui waktu reparasi yang dibutuhkan apabila dok apung belum di konversi, atau masih dalam keadaan *single pontoon*. Waktu yang dibutuhkan oleh dok apung *single pontoon* untuk di reparasi dapat dilihat pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Waktu Reparasi *Single pontoon*

Metode	Beban kerja	Item	Berat Total Item	Produktivitas	Jml Pekerja	Jam Kerja	Jumlah JO	Waktu Pembuatan
			(ton)	(JO/ton)	(orang)	jam/day	(JO)	(hari)
Single Pontoon	855,1 ton	<i>Pontoon</i>	427,563	15	30	6	6413,450	35,6
	664,0 m	<i>pontoon</i>	332,0 m	0,92	30	6	293,358	2,2
Total								37,8

Tabel 6.6 diatas menunjukkan bahwa waktu yang dibutuhkan oleh dok apung *single pontoon* untuk melakukan reparasi yakni selama 38 hari, waktu tersebut diperoleh dengan

beban kerja berupa seluruh konstruksi *pontoon* dan juga beban kerja *cutting* selama proses reparasi dengan produktivitas dan jumlah pekerja yang sama dengan saat proses konversi dilakukan. Proses konversi yang dilakukan dianggap sama dengan proses reparasi dok apung yang dilakukan karena pada akhir proses baik di konversi atau tidak dok apung tetap mengalami perbaikan. Menimbang hal tersebut maka apabila dilihat dari waktu yang dibutuhkan dok apung untuk di konversi (lihat Tabel 5.7) yang memakan waktu 36 hari maka dengan dilakukannya konversi dok apung dari *single pontoon* menjadi *multi pontoon* telah menghemat waktu konversi dok apung selama 3 hari. Selain itu apabila ditinjau dari segi biaya maka proses konversi yang dilakukan memakan biaya lebih sedikit dikarenakan beban kerja yang berada di atas *dry dock* saat proses konversi dan beban kerja yang berada di atas *dry dock* saat reparasi berbeda. Lebih sedikit beban kerja dari proses konversi (lihat Tabel 6.5) untuk mengetahui berapa perbedaan biaya konversi dengan biaya reparasi perlu diketahui biaya reparasi dok apung sebagai berikut:

Tabel 6.7 Biaya Reparasi *Single Pontoon*

Biaya Reparasi		Jumlah	Satuan	Produktivitas (J.O/ton)	Jam Orang	Biaya	Total Biaya
Tenaga Kerja	Repair	855,1	Ton	15	12826	Rp 27.100	Rp 347.608.992
	<i>cutting</i>	3056	m	0.92	2811,5	Rp 27.100	Rp 76.192.192
Biaya Tenaga Kerja Langsung							Rp 423.801.184
Coating		14.543	pail			Rp 1.700.000	Rp 1.236.158.400
Docking	Sewa Graving Dock	36	hari			Rp 100.000.000	Rp 3.600.000.000
	Docking Undocking	2	Docking			Rp 168.000.000	Rp 336.000.000
	Tugboat	2	Buah			Rp 25.235.000	Rp 25.235.000
	Docking report	1	Buah			Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
Power Supply		475,6	KWh	15 mesin las		Rp 12.036	Rp 293.124.744
Perijinan		1				Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Asuransi		1				Rp 600.000.000	Rp 600.000.000
Garansi		1				Rp 600.000.000	Rp 600.000.000
Total							Rp 6.559.475.128

Pada Tabel 6.7 dapat dilihat biaya reparasi dari dok apung yakni sebesar Rp6.559.475.128 terdapat perbedaan dengan biaya konversi yang dilakukan. Diketahui bahwa biaya konversi lebih mahal dari pada biaya reparasi dok apung, akan tetapi jika dilihat dampak setelah dilakukan konversi maka dok apung dapat di reparasi secara terpisah tiap *pontoon*-nya dengan waktu lebih cepat dan dengan biaya yang lebih kecil dari sebelum dikonversi, adapun biaya reparasi setelah di konversi tiap *pontoon* nya dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel 6.8 Biaya Reparasi per-*Pontoon*

Biaya Reparasi		Jumlah	Satuan	JO/ton	Biaya	Total Biaya
Tenaga Kerja	Repair	213,8	Ton	15	Rp 27.100	Rp 86.902.248
Biaya Tenaga Kerja Langsung						Rp 86.902.248
Coating		74	Pail		Rp 1.700.000	Rp 125.868.000
Docking	Sewa Air Bag	9	Hari		Rp 30.000.000	Rp 270.000.000
	Docking Undocking	2	Docking		Rp 83.000.000	Rp 166.000.000
	Tugboat	1	Buah		Rp 25.235.000	Rp 25.235.000
	Docking report	1	Buah		Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
Power Supply		132	KWh	15 mesin las	Rp 12.036	Rp 23.831.280
Perijinan		1			Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Asuransi		1			Rp 150.000.000	Rp 150.000.000
Garansi		1			Rp 150.000.000	Rp 150.000.000
Total						Rp 1.035.836.528

Pada Tabel 6.8 diketahui biaya reparasi untuk mereparasi *pontoon* dok apung *multi pontoon* untuk satu *pontoon* karena dok apung hasil konversi memiliki 4 *pontoon* sehingga biaya total apabila semua *pontoon* direparasi adalah sebesar Rp1.035.836.528 x 4 sama dengan Rp4.143.346.112 terjadi penghematan biaya reparasi terutama pada biaya sewa dok yang semula membutuhkan dok gali kini cukup menggunakan balon, dan dapat di lakukan *scheduling* sehingga dapat secara teratur dilakukan reparasi dibanding yang awalnya *single pontoon*

membutuhkan waktu 36 hari untuk mereparasi dok apung tiap dilakukan reparasi. Hal ini dikarenakan saat dok apung masih *single pontoon* bagian dok yang perlu di *docking* saat reparasi adalah seluruh bagian dok apung sehingga beban kerjanya besar dan butuh waktu lama untuk pengerjaannya, sedangkan saat dok apung sudah dikonversi menjadi *multi pontoon*, reparasi cukup bagian yang rusak atau perlu direparasi saja yang dinaikkan di dok sehingga mengurangi beban kerja dan mempersingkat waktu pengerjaan. Apabila pada dok apung *single pontoon* dilakukan metode reparasi yang sama dengan *multi pontoon* yakni dengan mereparasi bagian *pontoon* per kompartemen saja tetap saja lebih diuntungkan saat dok apung telah dikonversi menjadi *multi pontoon* hal ini dikarenakan saat dok apung dirubah menjadi *multi pontoon* reparasi dapat dilakukan dengan *schedule* tertentu sesuai dengan kebutuhan *pontoon* berapa yang hendak direparasi dan juga karena pada *multi pontoon* tidak ada sambungan antar *pontoon* sehingga pekerjaan reparasi diatas dok apung dapat diminimalisir sedangkan jika memakai sistem *single pontoon* saat direparasi pekerjaan di atas dok apung masih lumayan banyak dikarenakan pada *single pontoon* sambungan antar kompartemennya masih menggunakan sambungan las sehingga perlu dilakukan *cutting*. Selain itu pada *single pontoon* saat dilakukan reparasi dok apung sepenuhnya tidak dapat digunakan karena seluruh *pontoon* dinaikkan keatas dok bahkan jika reparasi dilakukan per-kompartmen dok apung tetap tidak bisa digunakan karena untuk pemenuhan *ballast* pompa yang dimiliki sistem *single pontoon* dalam kasus JK V ini tidak rata. Berbeda dengan dok apung *multi pontoon* hasil konversi yang mana masih dapat digunakan saat ada *pontoon* nya yang direparasi meski terjadi penurunan TLC sebesar 1113 ton akan tetapi dengan sisa TLC yang tersedia masih terdapat *income* dan juga karena pada sistem *multi pontoon* tidak ada sambungan antar *pontoon* pekerjaan diatas dok dapat diminimalisir dan juga karena setelah di konversi letak pompa pada *pontoon* rata yakni tiap *pontoon* memiliki 1 pompa *ballast* maka masalah stabilitas dok apung dapat diatasi dan juga karena dok apung menggunakan sistem sambungan dengan *sidewall* berupa *bolting* maka memudahkan posisi *pontoon* untuk menyesuaikan stabilitas. Untuk *income* yang diperoleh selama dok apung *multi pontoon* direparasi dengan TLC sebesar 2737 ton adalah sebesar:

Tabel 6.9 *Income* saat dok apung *multi pontoon* di reparasi

Biaya Reparasi		Jumlah	Satuan	JO/ton	Biaya	Total Biaya
Docking	Sewa Floating Dock	9	Hari		Rp 30.000.000	Rp 270.000.000
	Docking undocking	2			Rp. 83.000.000	Rp. 166.000.000

Biaya Reparasi		Jumlah	Satuan	JO/ton	Biaya	Total Biaya
	<i>Tugboat</i>	1	Buah		Rp 25.235.000	Rp 25.235.000
	<i>Docking report</i>	1	Buah		Rp 8.000.000	Rp 8.000.000
Perijinan		1			Rp 30.000.000	Rp 30.000.000
Asuransi		1			Rp 150.000.000	Rp 150.000.000
Garansi		1			Rp 150.000.000	Rp 150.000.000
Total						Rp 823.066.280

Pada tabel diatas diketahui bahwa *income* yang diperoleh selama dok apung direparasi salah satu *pontoon* nya adalah sebesar Rp823.066.280. Jika biaya reparasi dok apung *multi pontoon* untuk satu *pontoon* dikurangi dengan nilai *income* tersebut diperoleh biaya sebesar Rp212.770.248, biaya tersebut merupakan biaya untuk perbaikan satu *pontoon*. Apabila dibandingkan dengan biaya reparasi dok apung *single pontoon* diperoleh hasil:

Tabel 6.10 Perbandingan biaya reparasi *single pontoon* dengan *multi pontoon*

Dok Apung	<i>Pontoon</i>	Biaya Reparasi	<i>Income</i>	Total Biaya Reparasi	Waktu (hari)
Single pontoon	Seluruh pontoon	Rp6.559.475.128	Rp-	Rp6.559.475.128	36
Total		Rp6.559.475.128	Rp-	Rp6.559.475.128	36
Multi pontoon	<i>Pontoon 1</i>	Rp1.035.836.528	Rp823.066.280	Rp212.770.248	9
	<i>Pontoon 2</i>	Rp1.035.836.528	Rp823.066.280	Rp212.770.248	9
	<i>Pontoon 3</i>	Rp1.035.836.528	Rp823.066.280	Rp212.770.248	9
	<i>Pontoon 4</i>	Rp1.035.836.528	Rp823.066.280	Rp212.770.248	9
Total		Rp4.143.346.112	Rp3.292.265.120	Rp851.080.992	36

Pada tabel di atas dapat dilihat bahwa biaya total untuk reparasi *multi pontoon* lebih sedikit dari pada biaya total reparasi untuk *single pontoon* hal ini dikarenakan *income* yang diperoleh pada saat dok apung *multi pontoon* direparasi sedangkan *single pontoon* tidak

memperoleh *income* selama proses reparasi karena pada proses reparasinya dok apung *single pontoon* tidak dapat digunakan. Terdapat selisih sebesar Rp5.708.394.136 dari biaya reparasi *single pontoon* dengan biaya reparasi *multi pontoon* yang dapat dikatakan *saving* biaya. Biaya *saving* tersebut digunakan untuk membayar investasi biaya konversi sebesar Rp20.051.463.949 maka dalam 4 kali reparasi *multi pontoon* untuk keseluruhan *pontoon*, *saving* biaya yang diperoleh cukup untuk melunasi biaya konversi tersebut.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 7.

KESIMPULAN DAN SARAN

7.1. Kesimpulan

Berdasarkan desain konversi, permodelan, serta analisa teknis dan ekonomis yang dilakukan pada tugas akhir ini, dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* dapat dilakukan apabila kekuatan memanjang dari dok apung setelah di konversi masih memenuhi tegangan izinnya yakni tidak lebih dari 160 Mpa, dari hasil perhitungan didapatkan bahwa tegangan yang terjadi setelah dok apung di konversi dan ditambah penguat tambahan pada kedua *sidewall* didapat tegangannya sebesar 14,652 Mpa sehingga dari segi kekuatan memanjang konversi dok apung dapat dilakukan. Aspek lain yang perlu diperhatikan adalah sistem pompa yang mempengaruhi waktu pengisian *ballast*, dari analisa yang dilakukan didapatkan bahwa waktu pengisian *ballast* penuh dari dok apung *single pontoon* (sebelum konversi) dan dok apung *multi pontoon* (sesudah konversi) waktu pengisian *ballast* keduanya sama yakni 54,16 menit. Aspek ketiga yang perlu diperhatikan adalah penurunan TLC (*Ton Lifting Capacity*) yang ditandai dengan perubahan sarat kerja dok apung. Setelah analisa yang dilakukan, didapat bahwa dengan TLC yang sama yakni 3850 ton sarat dari dok apung *single pontoon* sebesar 2,07 m dan setelah di konversi menjadi *multi pontoon* sarat kerja berubah menjadi 2,11 m terjadi perubahan sarat kerja sebesar 0,4 m. Untuk menganalisa apakah keadaan dok apung setelah di konversi masih diperbolehkan beroperasi dengan TLC yang sama, maka perlu dilakukan perbandingan tinggi *freeboard* setelah konversi dengan ketinggian *freeboard* yang diperbolehkan. Diketahui bahwa ketinggian *freeboard* setelah dok apung dikonversi adalah sebesar 485 mm. Ketinggian *freeboard* tersebut tidak boleh <300 mm menurut ketentuan yang terdapat di rules DNV-GL. Karena *freeboard* dok apung setelah di konversi sebesar 485 mm < 300 mm maka dok apung dapat dikonversi dan mampu beroperasi dengan TLC yang sama.

2. Tahap produksi dok apung *multi pontoon* dari dok apung *single pontoon* dilakukan dalam 4 tahap produksi. Tahap 1 diawali dengan pemotongan *pontoon deck* dilanjutkan dengan menambahkan sekat tambahan untuk menanggulangi permukaan *pontoon* yang dilubangi dilanjutkan dengan pemotongan *pontoon 1*, *pontoon* hasil potongan tersebut kemudian dibawa ke *dry dock* untuk mendapat *treatment* lebih lanjut berupa rekonstruksi pompa dan pengecatan ulang. Proses produksi ini dilakukan secara bertahap dengan *pontoon* yang di *treatment* secara bergantian. Untuk *pontoon* yang tidak di *treatment* masih dapat bekerja dengan penurunan TLC yang cukup signifikan yakni sebesar 1113 ton untuk tahap 1 dan dikarenakan pada tahap 1 *pontoon* yang di *treatment* di *dry dock* adalah *pontoon 1* yang memiliki 2 pompa *ballast* sehingga tidak memungkinkan untuk dok apung selama tahap 1 berlangsung untuk bekerja secara optimal. Setelah pekerjaan di dok selesai dilaksanakan maka tahap 1 untuk pekerjaan di atas *dry dock* dapat dikatakan selesai, pada tahap 1 terdapat pula pekerjaan yang dapat dilakukan di atas dok apung yakni pemasangan konstruksi tambahan penguat *sidewall*. Setelah pekerjaan pada tahap 1 di *dry dock* maupun di atas dok apung selesai dilakukan maka *pontoon 1* dapat dipasang kembali, sambungan antara *pontoon* dan *sidewall* yang awalnya berupa sambungan las, selama proses konversi dilakukan, sambungan tersebut dirubah ke dalam bentuk *bolting* dengan bantuan penguat *sidewall* untuk meminimalisir kegagalan sambungan. Tahap 2 diawali dengan proses yang sama yakni pemotongan *pontoon deck* untuk membuat akses masuknya sekat tambahan ke dalam *pontoon*. Setelah proses pemasangan sekat tambahan berhasil dilakukan langkah selanjutnya adalah pelepasan *pontoon 2* dengan memotong bagian kulit *pontoon* yang tersambung. Untuk bagian *pontoon* yang tidak mendapat *treatment* dapat bekerja dengan baik tapi dengan penurunan TLC sebesar 1113 ton. Pada tahap 2 ini dok apung yang tidak di *treatment* di *dry dock* dapat bekerja karena *pontoon* yang terpasang memiliki pompa dan dapat mengisi kebutuhan *ballast*. Selanjutnya *pontoon 2* di bawa ke *dry dock* untuk dilakukan pekerjaan lebih lanjut, pada pekerjaan *pontoon 2* terdapat perbedaan pekerjaan yang dilakukan di *dry dock* yakni pada *pontoon 2* dilakukan pemasangan pompa yang sebelumnya terpasang di *pontoon 1* beserta dengan instalasi perpipaan yang baru, untuk proses pengerjaan di atas dok apung pada tahap 2 sama seperti pekerjaan yang dilakukan pada tahap sebelumnya. Selanjutnya adalah tahap 3, pada tahap ini *pontoon deck* yang dilubangi

sebagai akses pemasangan sekat tambahan adalah *pontoon 3* sedangkan yang dipotong untuk di bawa ke *dry dock* adalah *pontoon 4* karena pada *pontoon 4* terdapat pompa yang akan dilepas dan dipasang pada *pontoon 3*. Pada *pontoon 4* tidak diperlukan penambahan konstruksi sekat karena *pontoon 4* merupakan kompartmen yang sudah kedap. Untuk bagian dok apung yang tidak di *treatment* tidak dapat bekerja dengan baik karena pada *pontoon 3* tidak terdapat pompa untuk memenuhi kebutuhan *ballast* penurunan TLC yang terjadi selama tahap ini adalah 1113 ton. Proses pekerjaan pada *pontoon 4* di *dry dock* tidak jauh berbeda dengan pekerjaan pada *pontoon 1* yakni pelepasan pompa dan rekonstruksi pompa serta pengecatan ulang, begitu pula dengan pekerjaan di atas dok apung pada tahap ini tidak jauh berbeda, selanjutnya setelah pekerjaan di *dry dock* dan di atas dok apung diselesaikan maka pemasangan *pontoon 4* dapat dilakukan untuk selanjutnya lanjut pada tahap terakhir yakni tahap ke-4. Pada tahap 4 *pontoon* yang di potong adalah *pontoon 3*, pada tahap ini *pontoon 3* dapat langsung dipisahkan dengan *sidewall* mengingat hanya *pontoon 3* inilah yang tersambung dengan *sidewall* menggunakan sistem las dan juga untuk masalah kedap *pontoon 3* sudah kedap karena pada tahap sebelumnya *pontoon* tersebut sudah diberi sekat tambahan. Pada tahap ini bagian dok apung sudah terdiri dari *mutli pontoon* dengan tiap *pontoon* memiliki pompa masing-masing. Selama tahap 4 pekerjaan untuk *pontoon 3* sama dengan pekerjaan pada *pontoon 2* baik untuk pekerjaan di *dry dok* maupun di dok apung. Setelah tahap 4 selesai dilakukan dok apung yang awalnya *single pontoon* berubah menjadi *multi pontoon* dan sambungan *pontoon* dengan *sidewall* yang awalnya berupa las kini berubah menjadi *bolting*, juga untuk pompa yang awalnya berada di *pontoon 1* dan 4 kini masing-masing *pontoon* sudah memiliki pompa.

3. Pada analisa ekonomis dilakukan perhitungan biaya konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon*, dan didapatkan biaya yang dibutuhkan untuk proses konversi yakni sebesar Rp20.051.463.949-. Keuntungan yang diperoleh dari proses konversi adalah penurunan biaya reparasi yang awalnya sebesar Rp.6.559.475.128 menjadi Rp851.080.992 apabila semua *pontoon* mengalami kerusakan dengan waktu pengerjaan selama 36 hari. Juga dengan konversi yang dilakukan, reparasi dok apung *multi pontoon* dapat di-Schedule. Dan juga saat pelaksanaan reparasi dok apung masih dapat digunakan dengan sisa TLC sebesar 2737 dan mendapat *income* sekitar Rp823.066.280, bila penurunan biaya repair sebesar Rp.5.708.394.136 digunakan

untuk memenuhi biaya investasi untuk konversi maka dalam 4 kali reparasi total *saving* biaya yang dilakukan sudah cukup untuk melunasi biaya investasi.

7.2. Saran

Penulis merasa dalam tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan dan masih belum sempurna. Oleh karena itu, untuk pengembangan selanjutnya disarankan :

1. Melakukan analisa kelayakan secara teknis dari konversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon* seperti perhitungan *stabilitas* dan operasional
2. Melakukan analisa kelayakan investasi beserta dan juga analisa ekonomi lebih mendalam seputar biaya konversi yang dibutuhkan untuk mengkonversi dok apung *single pontoon* menjadi *multi pontoon*.

DAFTAR PUSTAKA

- American Bureau Of Shipping. (1982). *Steel Floating Dry Dock*. New York: American Bureau Of Shipping.
- American Institute Of Steel Construction. (1989). *Specification Structural*. Chicago: American Institute Of Steel Construction.
- Amirikian, A. (1997). *Analysis and Design of Floating Dock*. New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- BKI. (2002). *Rules For The Classification And Construction Of Seagoing Steel Ships*. Jakarta: BKI.
- BKI. (2006). *Biro Klarifikasi Indonesia Volume II Rules For Hull*. Jakarta: BKI.
- DNV-GL. (2015). *Class Guideline-Finite Element Analysis*.
- DNV-GL. (2015). *Rules For Classification Floating Docks*. Norway: DNV-GL.
- Eyres, D. (1988). *Ship Construction Third Edition*. Great Britaine: Biddles Ltd.
- Heger, R. (2014). *Large Floating Dry Docks In The United States*. Holliston: Heger Dry Dock, Inc.
- Henry, S. (2002). *Akuntansi Manajemen*. Jakarta: Salemba Empat.
- Hutton, D. V. (2004). *Fundamental of Finite Element Analysis*. New York: McGraw-Hill.
- Lamb, T. (2004). *Ship Design and Construction Volume II*. Jersey city: The society of Naval Architectures and Marine Engineers.
- Lee, H.-H. (2010). *Finite Element Simulations With ANSYS Workbench 12*. Taiwan: National Cheng Kung University.
- Midhun, K. G. (2009). Structural Design and Stability of a 6,000 ton Capacity Floating Dock as per DNV-GL Rules.
- Santosa, B. (2013). *Diktat Kekuatan Kapal*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Santoso, IGM, & Sudjono. (1983). *Teori Bangunan Kapal*. Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.
- Soeharto, I. (1997). *Manajemen Proyek Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta: Erlangga.
- Soejitno. (2002). *Mata Kuliah Teknik Reparasi Kapal*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Storch, R., C.P. Hammon, H.M. Bunch, & R.C. Moore. (1995). *Ship Production Second Edition*. Maryland: Cornell Maritime Press.
- Supriyono. (2000). *Akuntansi Biaya*. Yogyakarta: BPFE.
- Wahyuddin. (2011). *Teknik Produksi Kapal*. Makassar: Universitas Hasanuddin.
- Widjaja, S. (1996). *Manajemen Produksi Untuk Industri Perkapalan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

BIODATA PENULIS



Moch. Iqbal Firdausi, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Jember pada 14 Desember 1996 silam, Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Kemala Bhayangkari, kemudian melanjutkan ke SDS Al-Baitul Amien, SMPN 1 Jember dan SMAN 2 Jember. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN undangan.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Industri Perkapalan. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi Ketua Himpunan Mahasiswa Jember di Surabaya pada periode 2017-2018 serta Wakil Ketua Himpunan Mahasiswa Jember di Surabaya pada periode 2016-2017. Selan itu, Penulis juga pernah menjadi peserta PKM Tingkat ITS.

Penulis tercatat pernah menjadi *grader* untuk mata kuliah Menggambar Teknik, Teknologi Material dan Mekanik, dan Perencanaan Produksi Kapal.

Email: iqbalfirdausi14@gmail.com/ firdausi.iqbal15@mhs.na.its.ac.id

LAMPIRAN

Lampiran A *3D Visualization*

Lampiran B *General Arrangement*

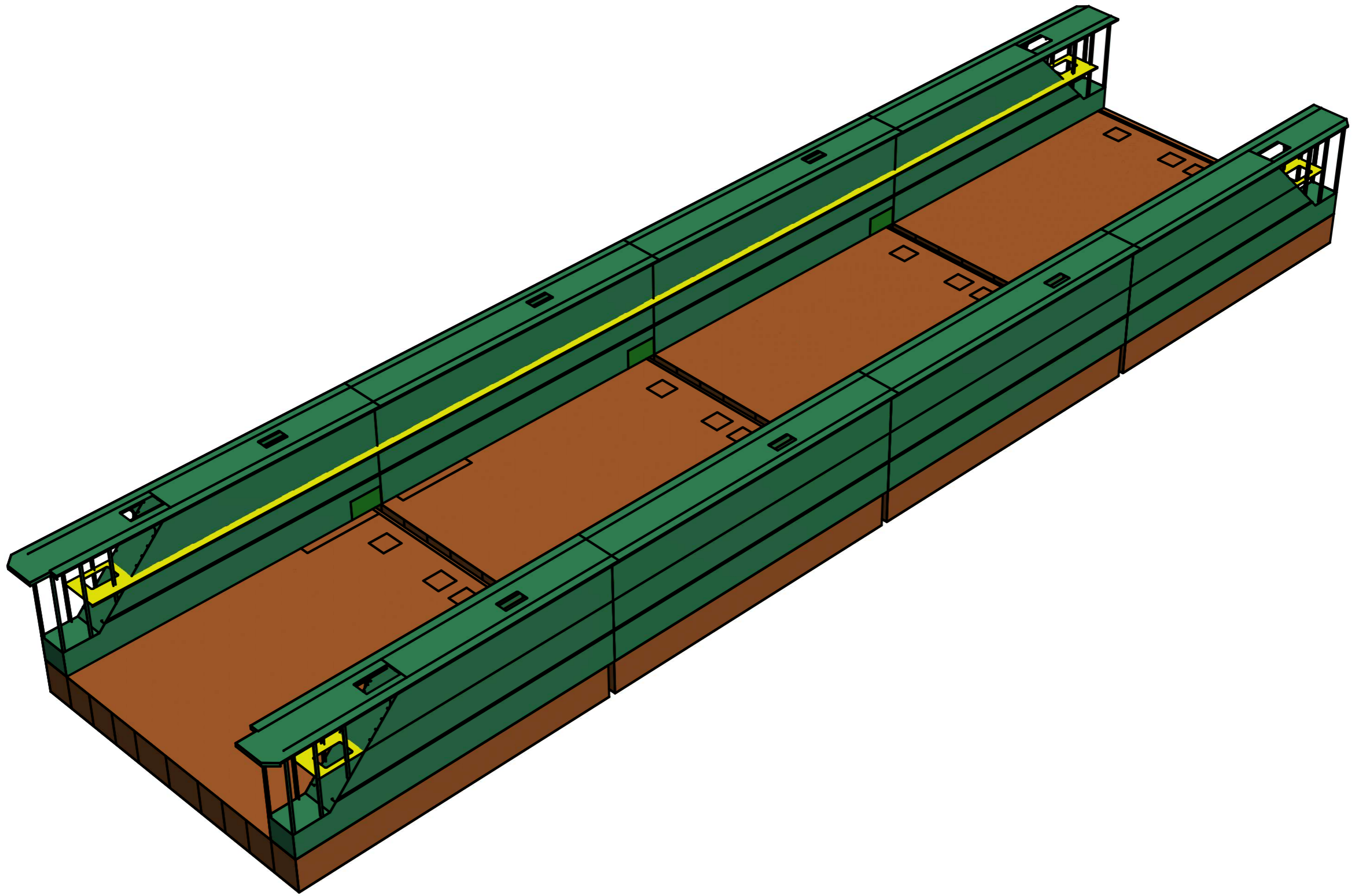
Lampiran C *Redraw Midship Section*

Lampiran D Letak Potongan *Sidewall*

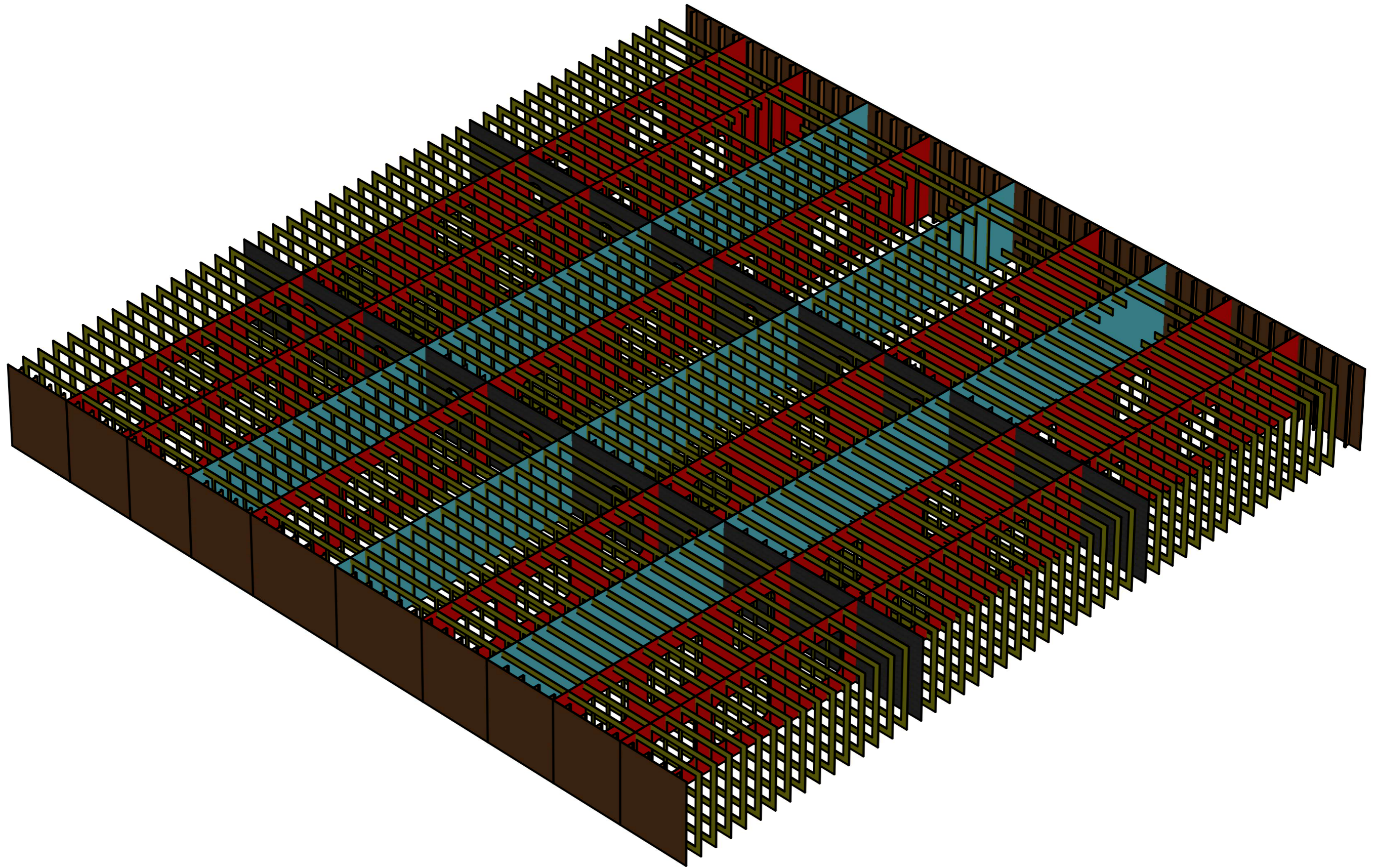
Lampiran E Sistem Pipa dan *Valve*

Lampiran F Letak dan Posisi Beban Pengujian

LAMPIRAN A
3D Visualization

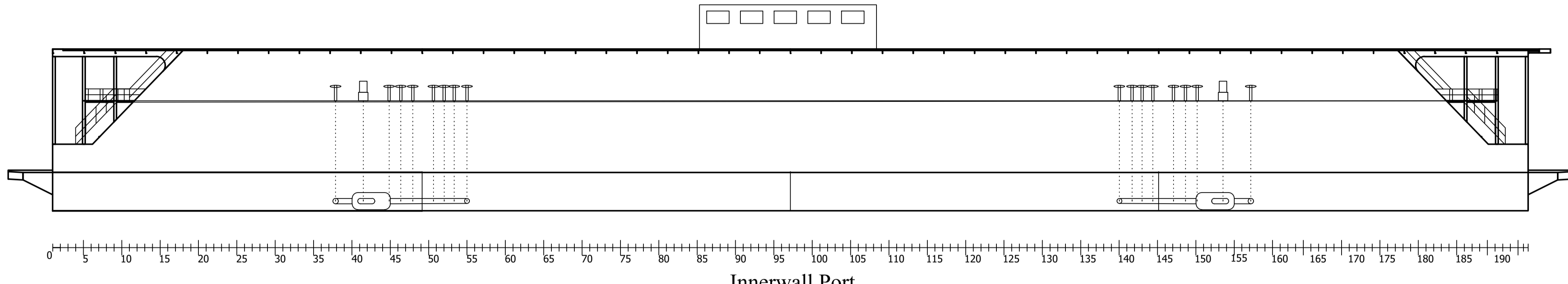


ISOMETRIC VIEW

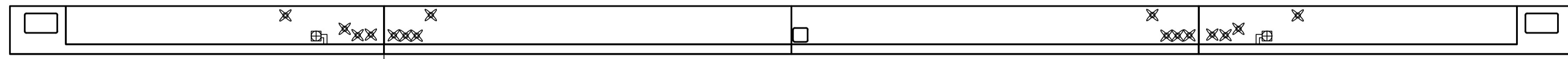
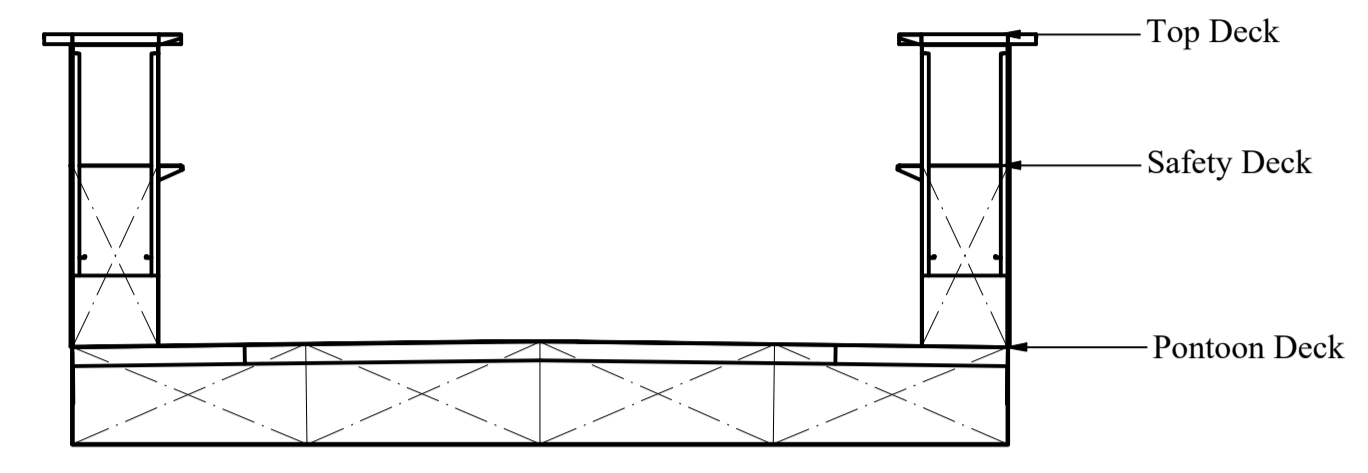


Pontoon Structure Framework

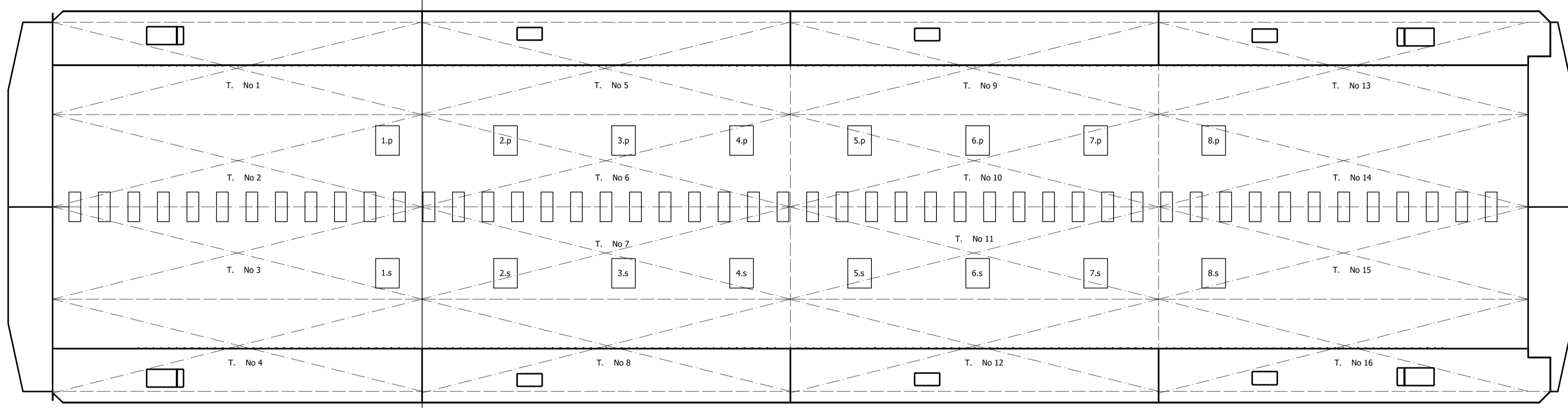
LAMPIRAN B
General Arrangement



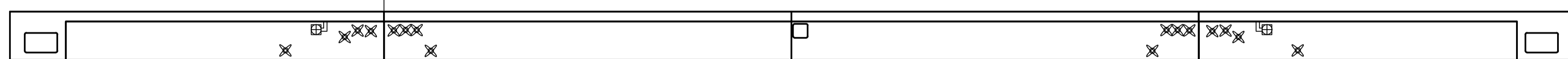
Innerwall Port



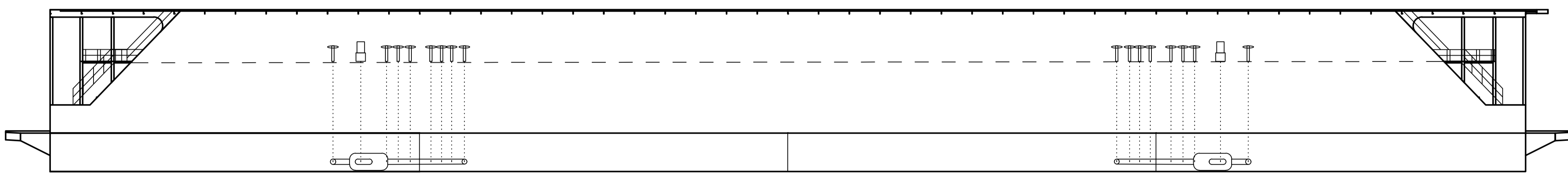
Safety Deck Port



Top View

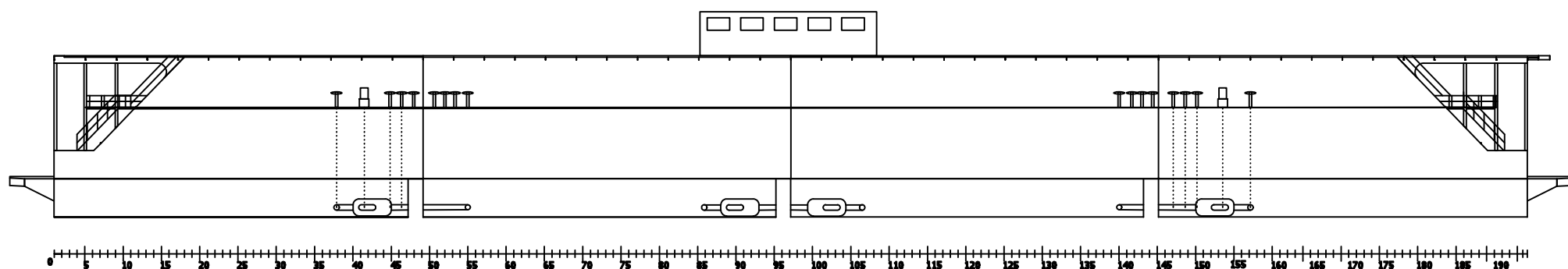


Safety Deck Starboard

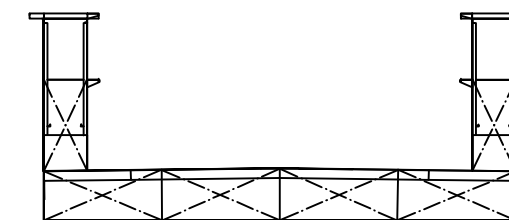


Outerwall Starboard

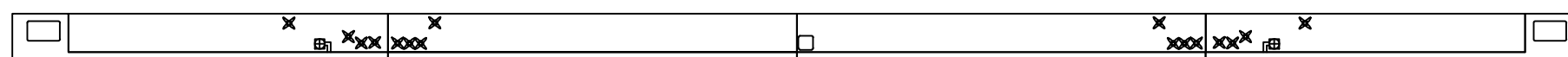
TABLE		
Ukuran Utama	Nilai	Satuan
Length OverAll	106	m
Length of Pontoon	100	m
Breadth (Between Outer Wall)	25	m
Breadth (between Inner Wall)	20	m
Height	11	m
Height of Pontoon	3	m
Height of Safety Deck	8	m
Lifting Capacity	3500	ton



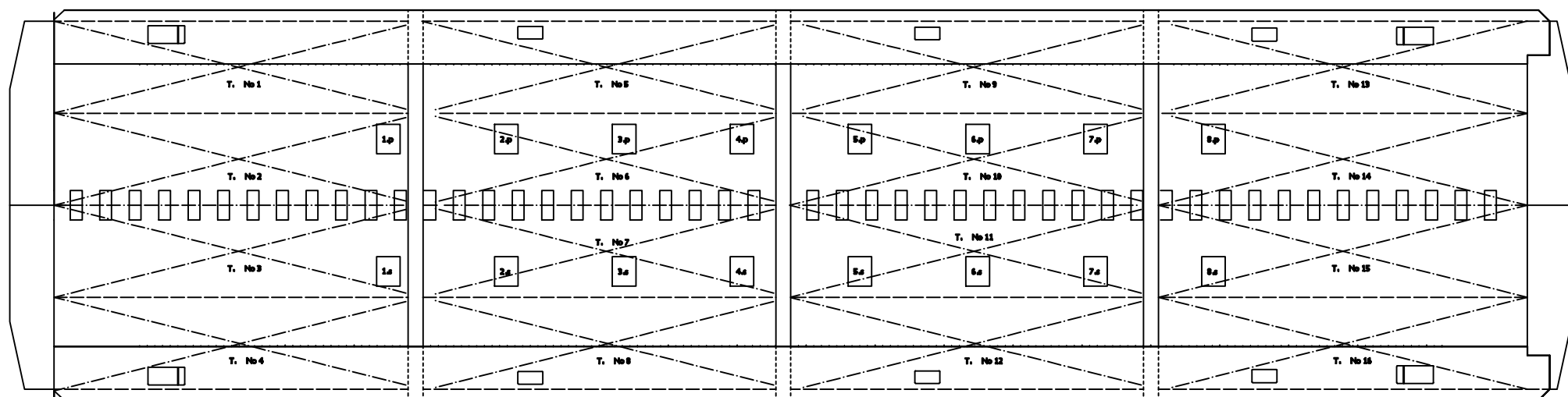
Inner wall Port



Front View



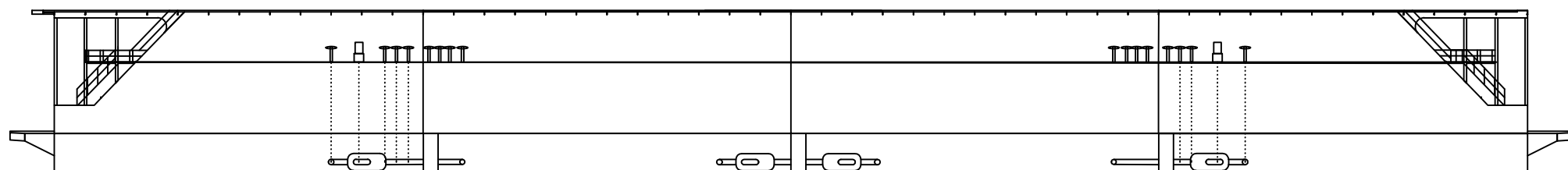
Safety Deck Port



Top View



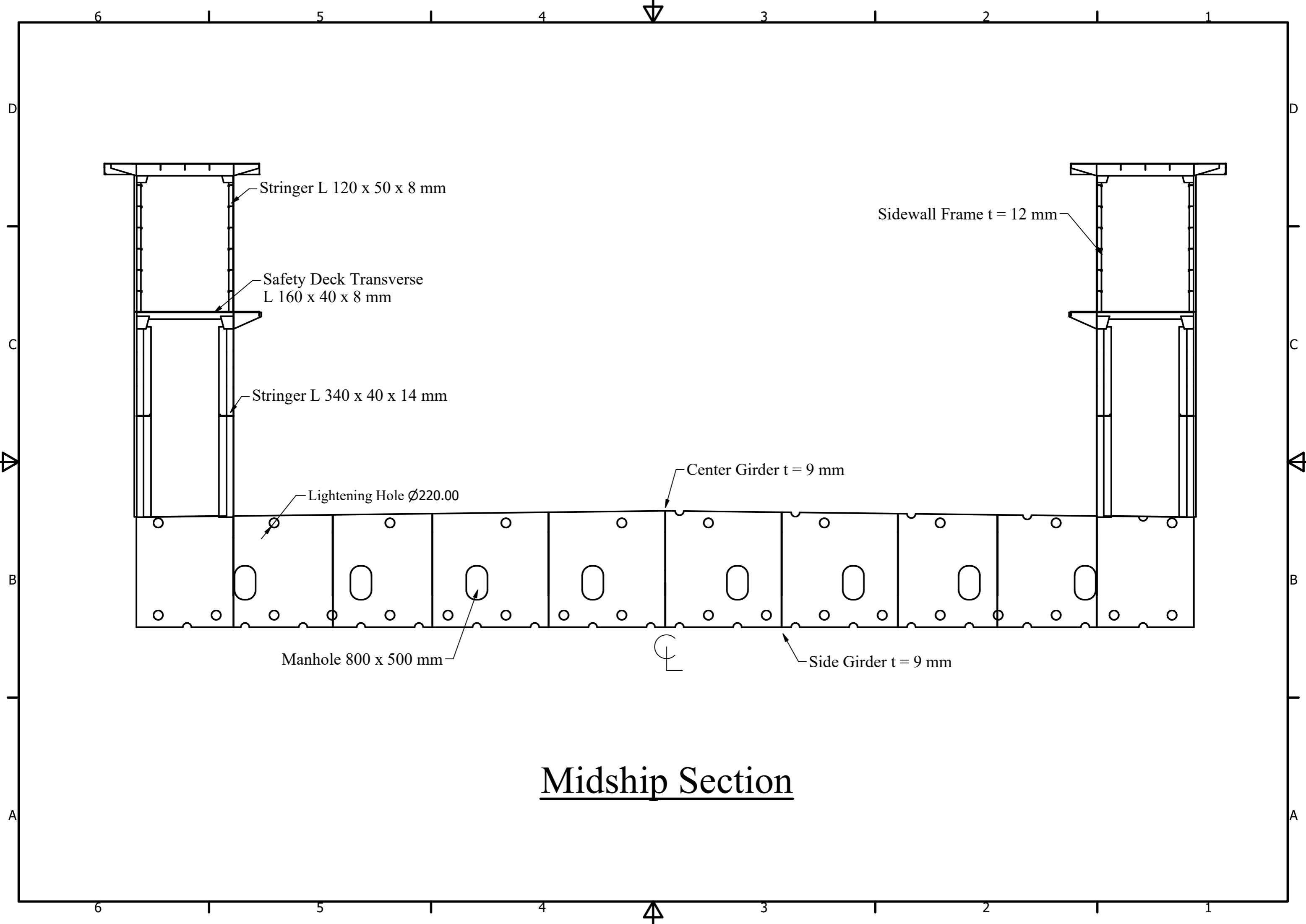
Safety Deck Starboard



Outer wall Starboard

Main Dimension		
Ukuran Utama	Nilai	Satuan
L pontoon 1	24.45	m
L Pontoon 2	24.45	m
L pontoon 3	24.45	m
L pontoon 4	25	m
Length Overall	106	m
Breadth (Between outer wall)	25	m
Breadth (Between Inner Wall)	20.4	m
Height	10.93	m
Height of Pontoon	2.6	m
Height of Safety Deck	7.4	m
Lifting Capacity	3500	ton

LAMPIRAN C
Redraw Midship Section



Stringer L 120 x 50 x 8 mm

Safety Deck Transverse
L 160 x 40 x 8 mm

Stringer L 340 x 40 x 14 mm

Lightening Hole $\varnothing 220.00$

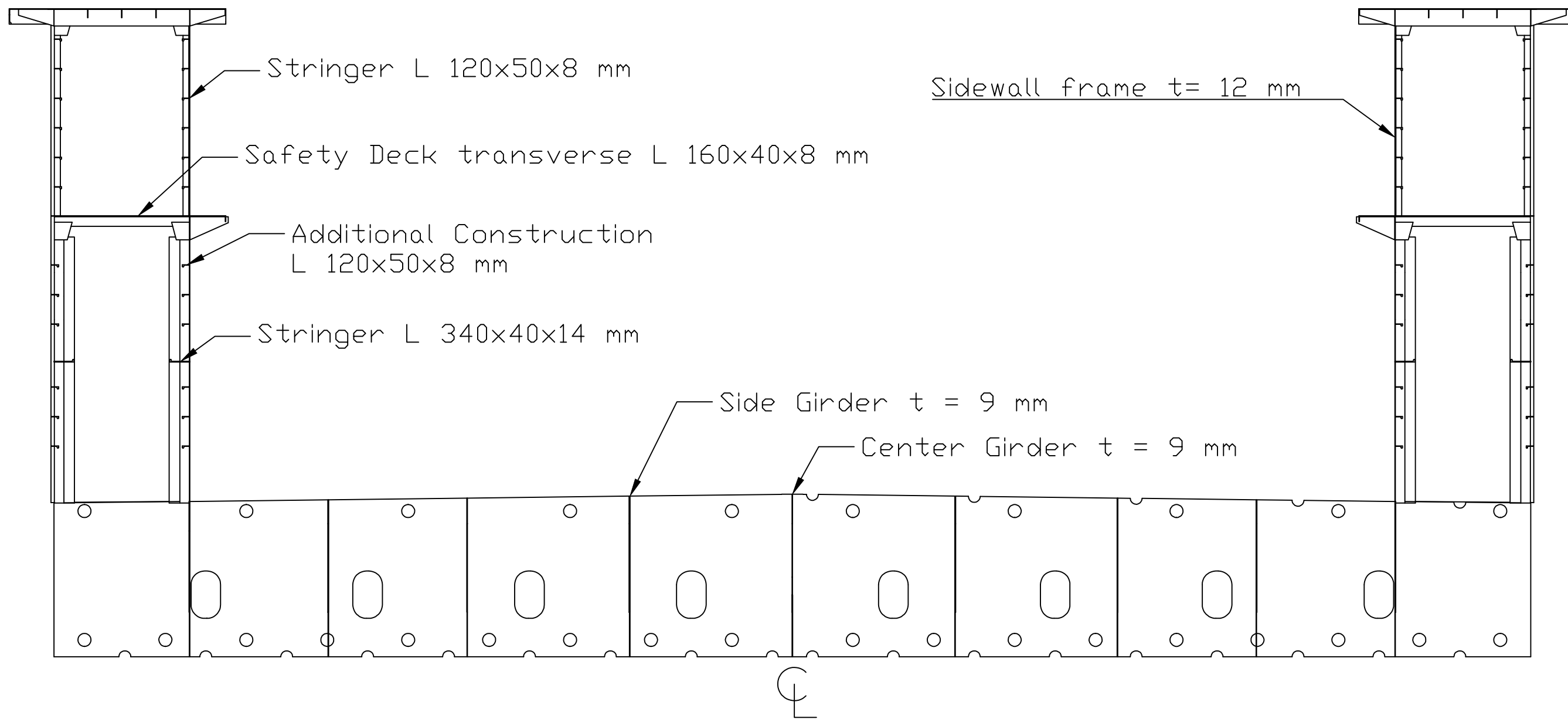
Center Girder t = 9 mm

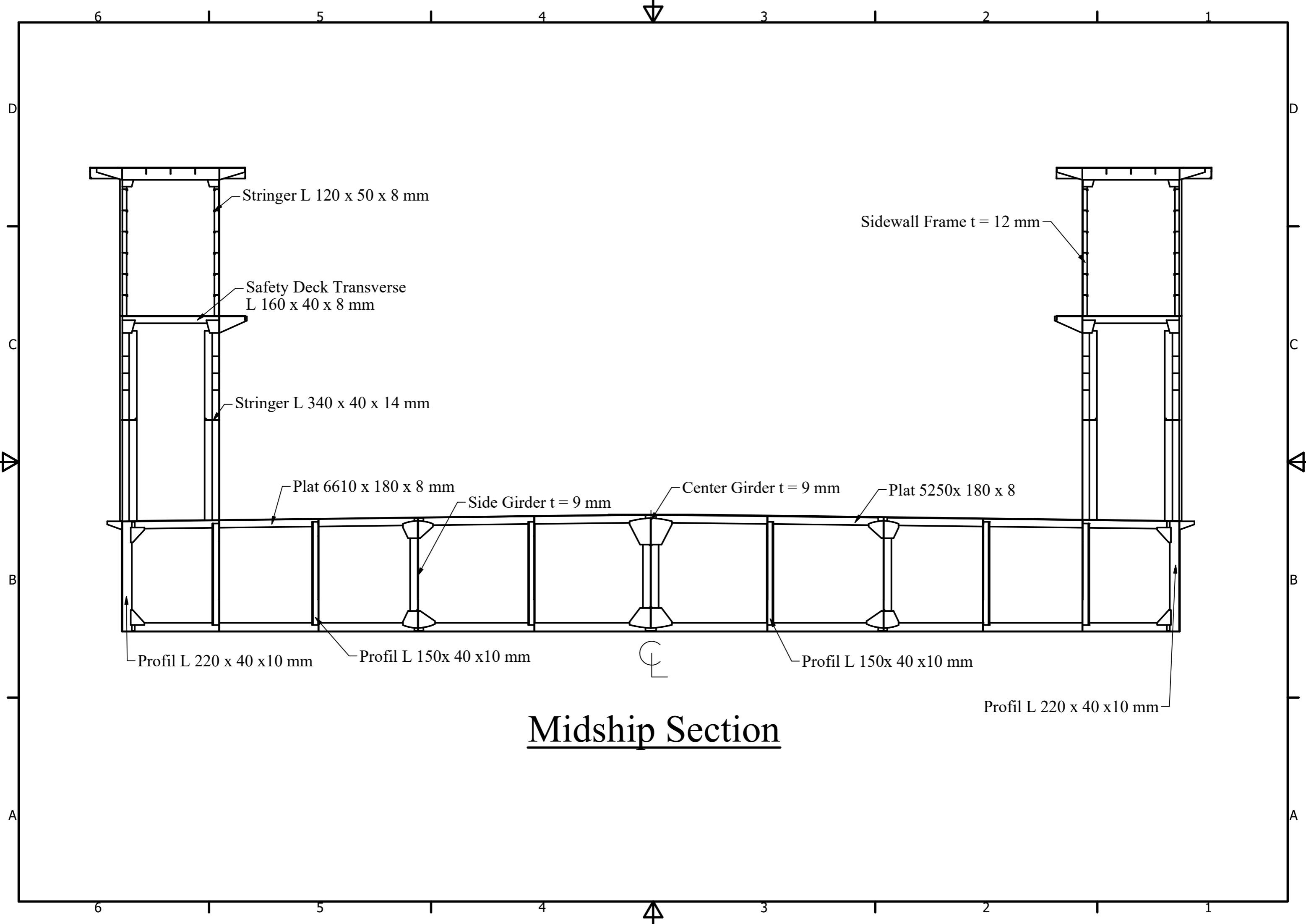
Sidewall Frame t = 12 mm

Manhole 800 x 500 mm

Side Girder t = 9 mm

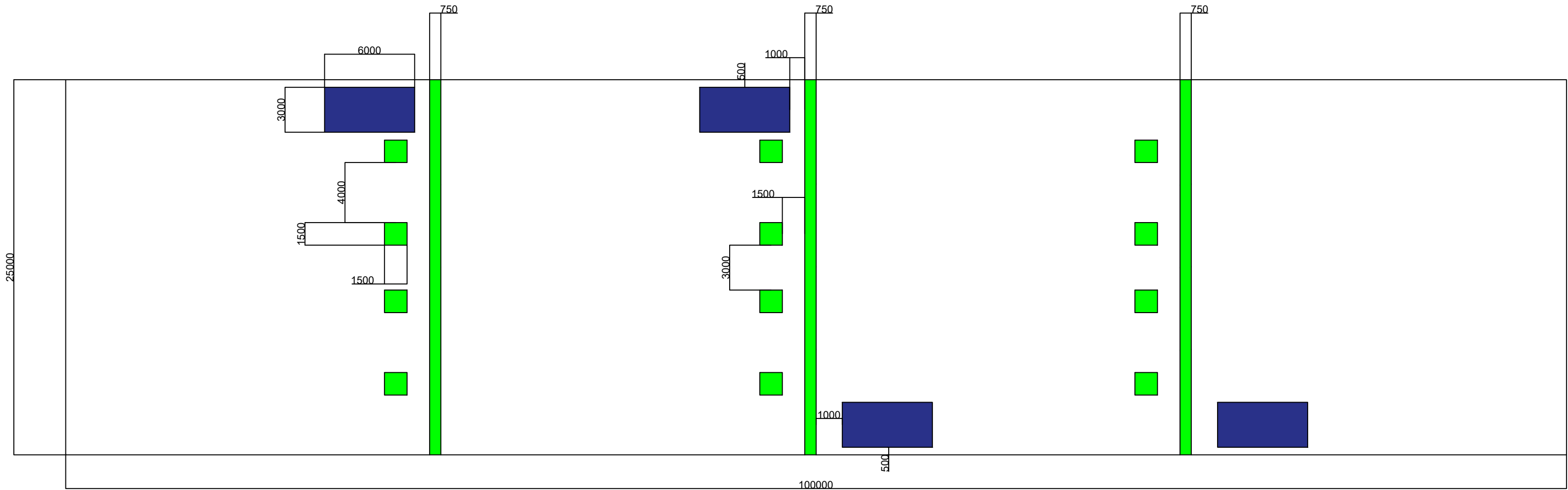
Midship Section





Midship Section

LAMPIRAN D
Letak Potongan *Sidewall*



Dimensi Potongan Pelat Pontoon Deck

Dimensi Potongan Pelat		
Posisi	Dimensi (mm)	Letak Pengerjaan
Kompartmen 1 Pontoon deck	1500x1500	Dok Apung
Kompartmen 2 Pontoon deck	1500x1500	Dok Apung
Kompartmen 3 Pontoon deck	1500x1500	Dok Apung
Kompartmen 4 Pontoon deck	1500x1500	Dok Apung

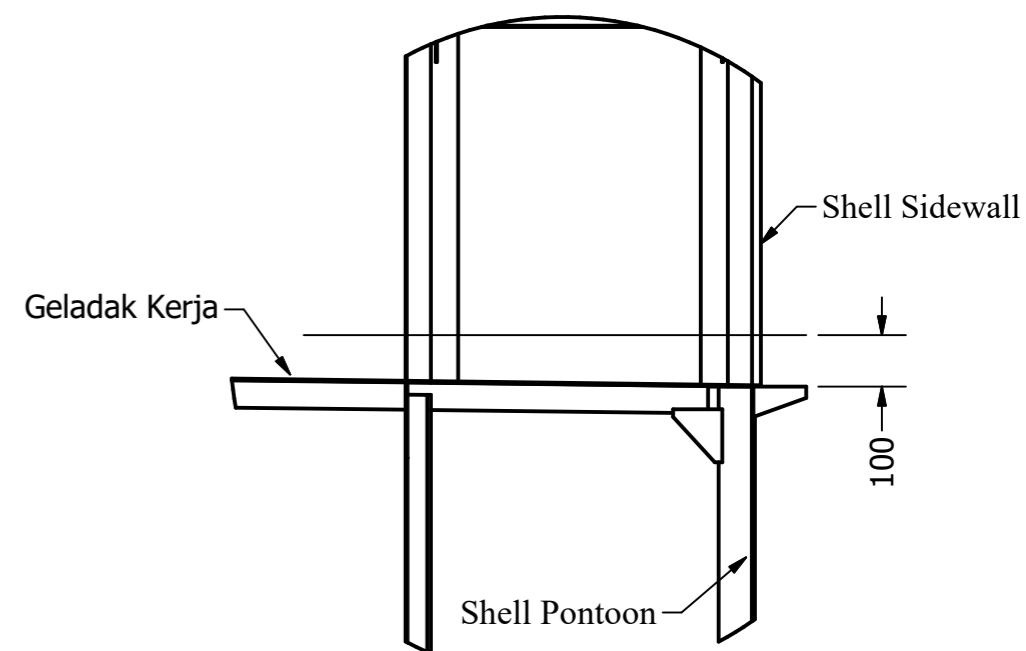
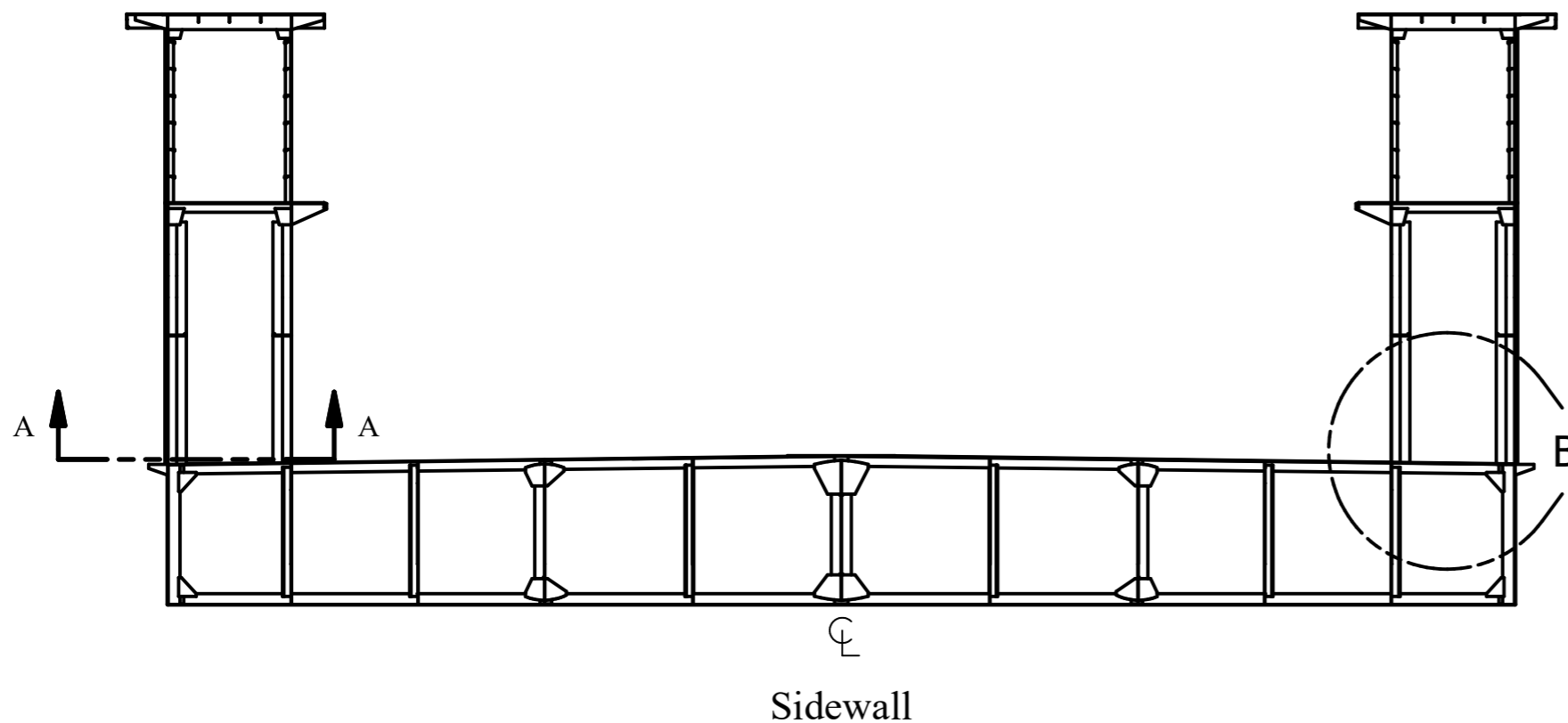
Kompartmen 5 Pontoon deck	1500x1500	Dok Apung
Kompartmen 6 Pontoon deck	1500x1500	Dok Apung
Kompartmen 7 Pontoon deck	1500x1500	Dok Apung
Kompartmen 8 Pontoon deck	1500x1500	Dok Apung
Kompartmen 9 Pontoon deck	1500x1500	Dok Apung

Kompartmen 10 Pontoon deck	1500x1500	Dok Apung
Kompartmen 11 Pontoon deck	1500x1500	Dok Apung
Kompartmen 12 Pontoon deck	1500x1500	Dok Apung
Sekat Pontoon deck	750x25000	Dok Apung
Sekat Pontoon deck	750x25000	Dok Apung
Sekat Pontoon deck	750x25000	Dok Apung

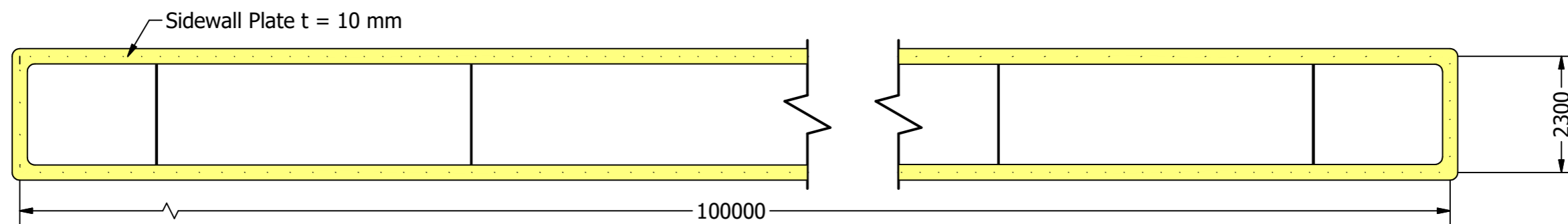
Kompartmen 4 Pontoon deck (akses pompa)	6000x3000	Dok
Kompartmen 5 Pontoon deck (akses pompa)	6000x3000	Dok
Kompartmen 12 Pontoon deck (akses pompa)	6000x3000	Dok

Kompartmen 16 Pontoon deck (akses pompa)	6000x3000	Dok
--	-----------	-----

Letak potongan Sidewall

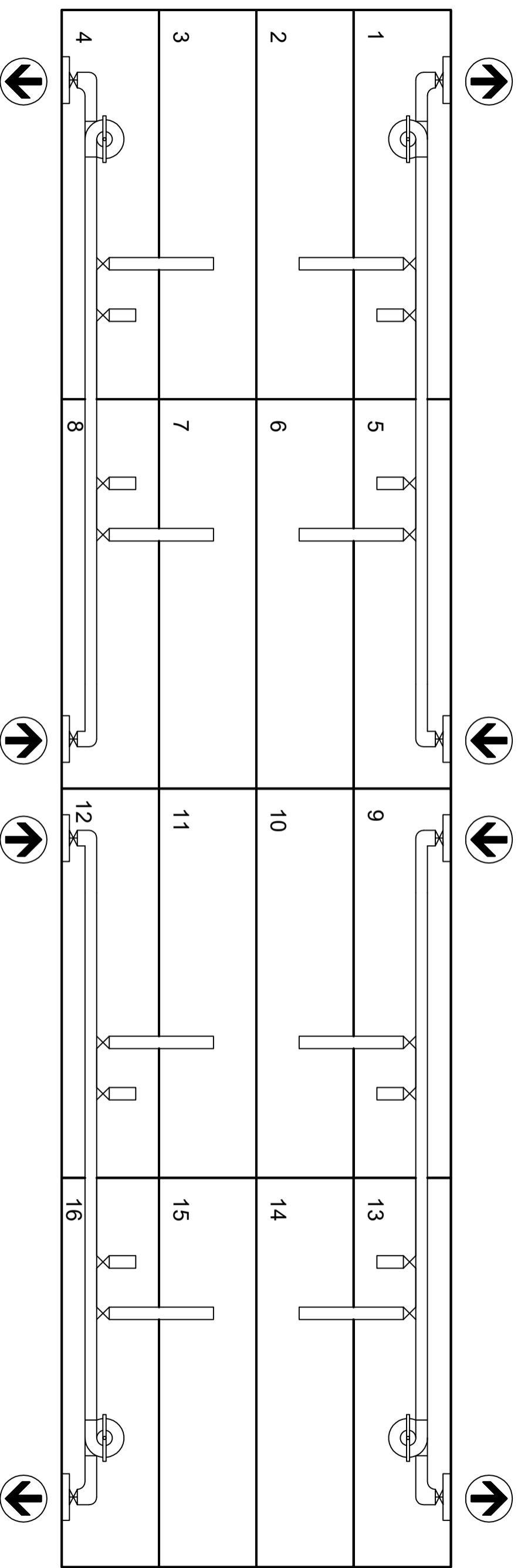


DETAIL B
SCALE 1 / 50



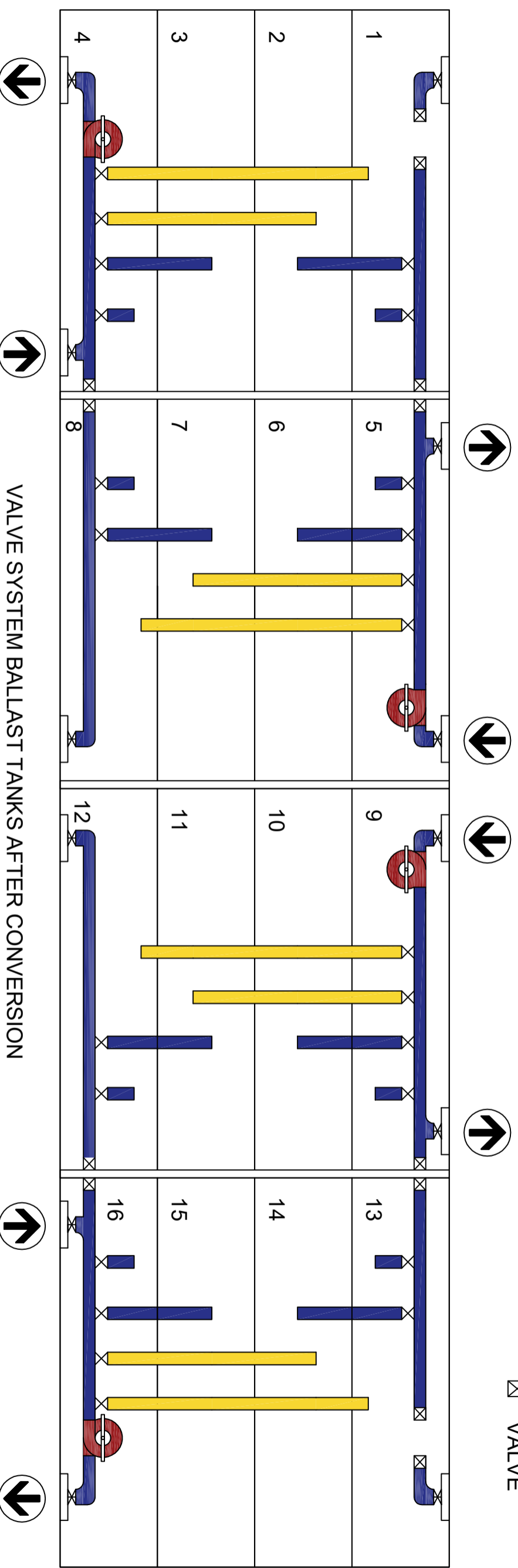
SECTION A-A
SCALE 1 / 100

LAMPIRAN E
Sistem Pipa dan *valve*



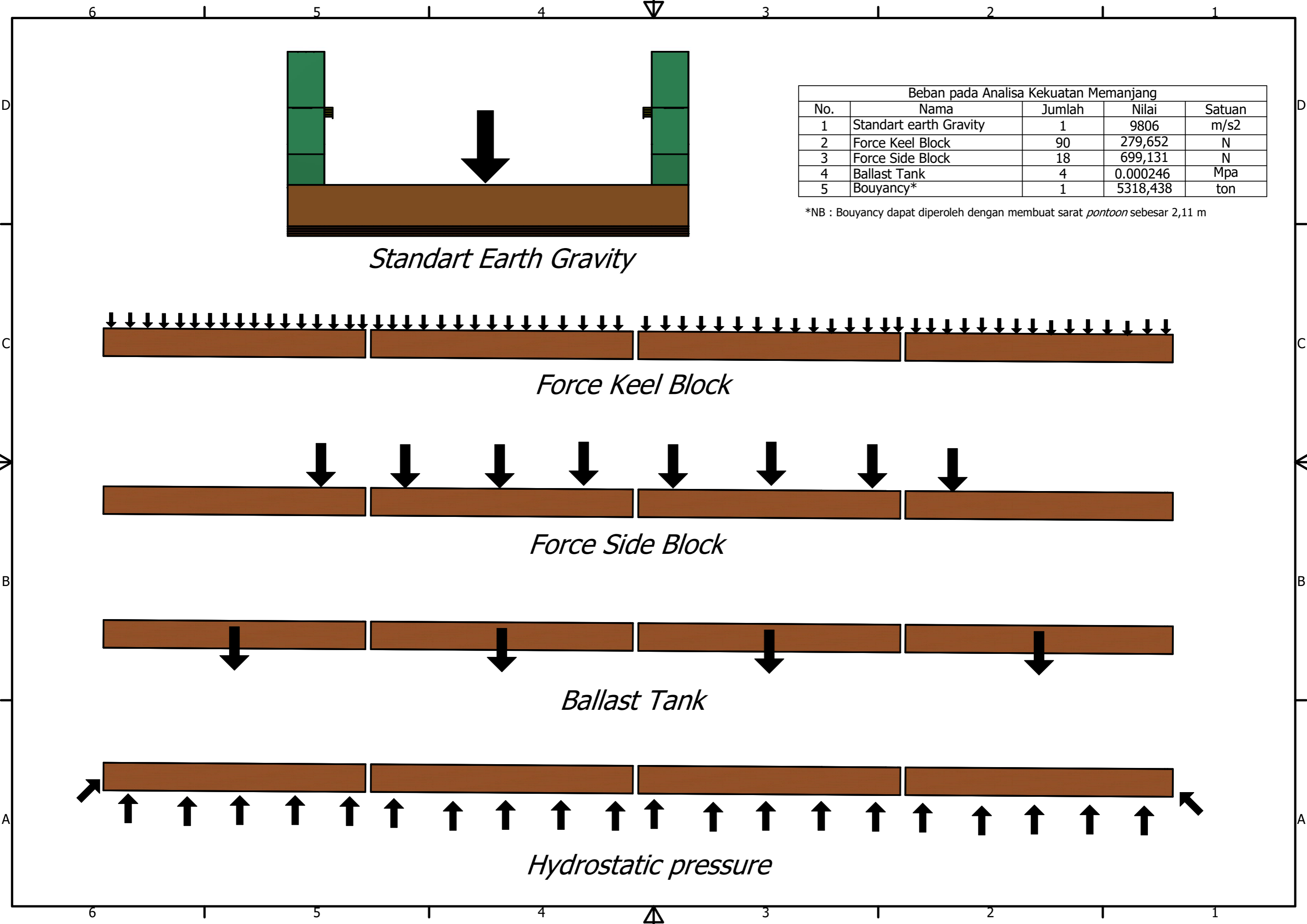
VALVE SYSTEM BALLAST TANKS BEFORE CONVERSION

- INLET
- OUTLET
- VALVE



VALVE SYSTEM BALLAST TANKS AFTER CONVERSION

LAMPIRAN F
Letak dan Posisi Beban Pengujian



Beban pada Analisa Kekuatan Memanjang				
No.	Nama	Jumlah	Nilai	Satuan
1	Standart earth Gravity	1	9806	m/s2
2	Force Keel Block	90	279,652	N
3	Force Side Block	18	699,131	N
4	Ballast Tank	4	0.000246	Mpa
5	Bouyancy*	1	5318,438	ton

*NB : Bouyancy dapat diperoleh dengan membuat sarat *pontoon* sebesar 2,11 m

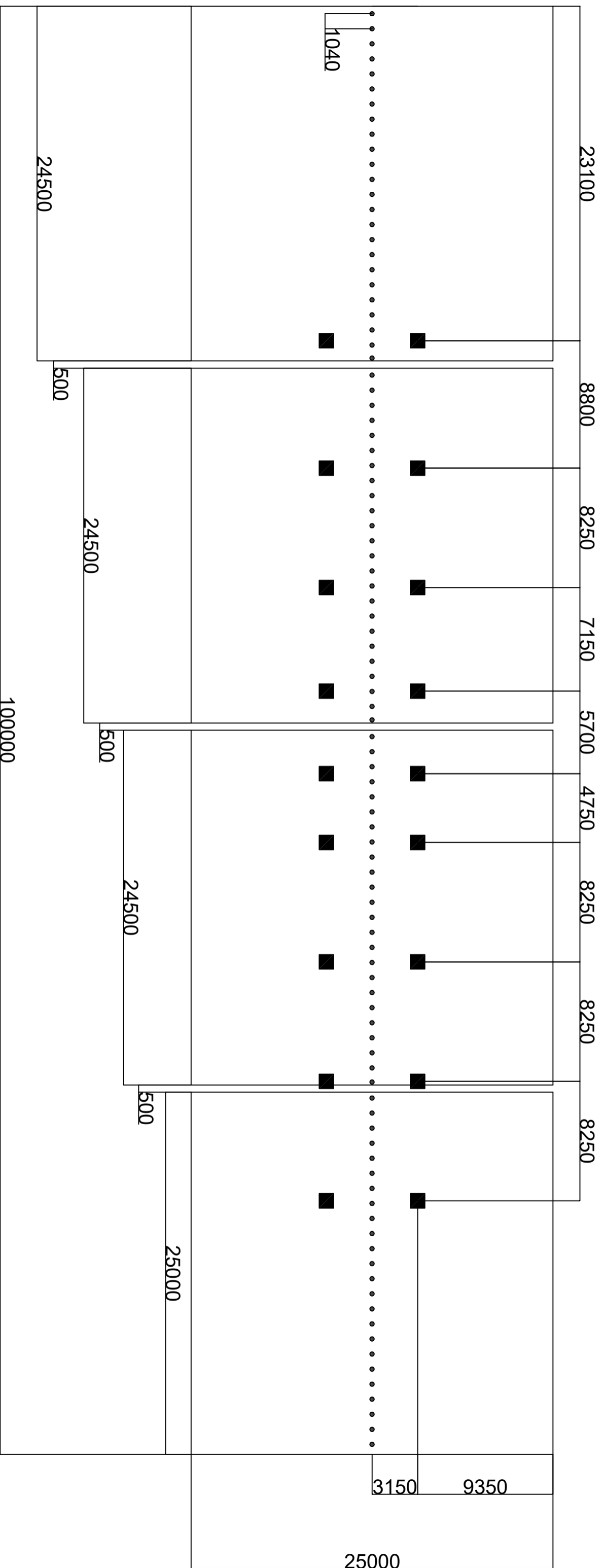
Standart Earth Gravity

Force Keel Block

Force Side Block

Ballast Tank

Hydrostatic pressure



- Keel Block
- Side Block