



TESIS - MN092350

**KAJIAN PEMILIHAN TRADING TANKER UNTUK
KONVERSI MENJADI FSO DI PERAIRAN LAUT JAWA**

Wahyu Ade Saputra

NRP. 4112 203902

Dosen Pembimbing

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

JURUSAN TEKNOLOGI PRODUKSI DAN MATERIAL KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2014



THESIS - MN092350

SELECTION OF TRADING TANKER FOR FSO CONVERSION AT JAVA SEA

Wahyu Ade Saputra

NRP. 4112203902

Supervisor

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

DEPARTMENT OF MARINE PRODUCTION AND MATERIALS TECHNOLOGY

Faculty of Marine Technology

Sepuluh Nopember Institute of Technology

Surabaya

2014

ABSTRAK

KAJIAN PEMILIHAN TRADING TANKER UNTUK KONVERSI MENJADI FSO DI PERAIRAN LAUT JAWA

Nama : Wahyu Ade Saputra

NRP : 4112203902

Jurusan : Teknologi Produksi dan Material Kelautan

Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M. Sc., Ph. D.

Industri migas secara global mengalami perkembangan pesat seiring dengan bertambahnya permintaan pasar. Di Indonesia, eksplorasi gas juga dilakukan di banyak perairan, misalnya di Laut Jawa. Dalam proses eksplorasi gas didukung oleh berbagai infrastruktur, salah satunya adalah Floating Storage Offloading (FSO). Pembangunan FSO akhir-akhir ini didominasi oleh proses konversi dari trading tanker. Hal ini disebabkan oleh kebutuhan akan biaya dan waktu yang diperlukan untuk pengadaan FSO akan lebih besar jika membangun bangunan baru. Dalam melakukan proses konversi ada 3 (tiga) komponen yang harus diperhatikan. Komponen yang pertama adalah kajian mengenai Indonesian water yang di dalamnya berisi mengenai kondisi lingkungan di Indonesia dan owner requirement. Nilai *fatigue life* sangat dipengaruhi oleh *environment load*, dimana dalam hal ini *significant wave* sangat diperhatikan. Laut Jawa memiliki gelombang 100 tahunan 4.6 m, Selat Madura 6.2 m, Perairan Bali 3.4 dan Kepulauan Seribu 3 m. Komponen yang kedua adalah kondisi *trading tanker* yang akan dikonversi, biasa disebut dengan CAP (Condition Assessment Program). Sedangkan komponen yang ketiga adalah regulasi/*class rules* yang digunakan untuk proses konversi. Dari ketiga komponen tersebut didapatkan bahwa untuk *trading tanker* CAP 3 adalah opsi terbaik untuk konversi menjadi FSO selama masa operasi 10 tahun dengan harga US\$ 30,946,089.46 untuk *sea state* Selat Madura, US\$ 25,232,649.69 untuk Laut Jawa, US\$ 23,969,566.55 untuk Kepulauan Seribu, dan US\$ 23,969,566.55 untuk Laut Bali.

Kata kunci: Bangunan baru, biaya, eksplorasi, *environment*, *fatigue life*, *Floating Storage Offloading* (FSO), *trading tanker*.

ABSTRACT
STUDY OF TRADING TANKER SELECTION FOR FSO CONVERSION
AT JAVA SEA

Name : Wahyu Ade Saputra

NRP : 4112 203 902

Departement : Marine Production and Materials Technology

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

Global oil & gas industries have shown rapidly advancement along with market demand. Many area in Indonesia have been explored, for example in Java Sea. Exploration activities have been supported by many technology and infrastructure, one of them is Floating Storage and Offloading (FSO). Nowadays more FSO built by conversion process. This is because FSO from tanker conversion can made faster and cheaper than new built. But FSO conversion has fatigue live less than new built. There are three component must be considered in conversion process. The first is study about Indonesian water that consist of environmental condition and owner requirement. Fatigue life value greatly influenced by environment load, which the significant wave height must be considered. The significant wave height at Java Sea is around 4.6 metres, Madura Strait 6.2 metres, Bali 3.4 metres, and Kepulauan Seribu around 3 metres. The second component is study about trading tanker condition that will be converted for FSO, commonly called Condition Assessment Program (CAP). And the last component is about conversion process that discuss steps of conversion based on code and class rules that used. From all of study, we get the result that *trading tanker* CAP 3 is the best option for conversion of FSO that have 10 years operation life with price US\$ 30,946,089.46 for Madura Strait, US\$ 25,232,649.69 for Java Sea, US\$ 23,969,566.55 for Kepulauan Seribu, and US\$ 23,969,566.55 for Bali Sea.

Keywords: cost, construction, conversion, exploration, environment, fatigue life, Floating Storage and Offloading (FSO), new built, trading tanker.

LEMBAR PENGESAHAN TESIS
KAJIAN PEMILIHAN TRADING TANKER UNTUK KONVERSI
MENJADI FSO DI PERAIRAN LAUT JAWA

TESIS

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tesis
Tanggal Juli 2014

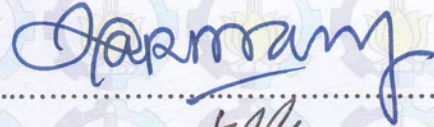
Teknik Produksi dan Material Kelautan
Program Studi Teknologi Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

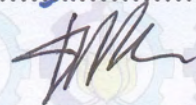
WAHYU ADE SAPUTRA
NRP. 4112 203 902

Disetujui oleh Tim Penguji Tesis:

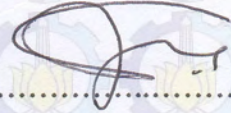
1. Prof., Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D



2. Prof., Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D.,

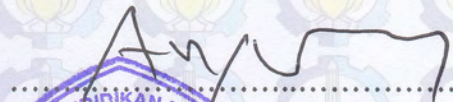


3. Aries Sulisetyono, ST., MA.Sc., Ph.D.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tesis:

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



Direktur Program Pascasarjana,

Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, MT
NIP. 196404051990021001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbi' alamin, puji syukur kehadirat Allah SWT atas karunia, rahmat dan bimbingan-Nya sehingga laporan Tesis ini dapat kami selesaikan tepat waktu. Tesis ini dapat diselesaikan dengan baik berkat dukungan serta bantuan baik langsung maupun tidak langsung dari semua pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Emak dan Bapak yang telah memberikan biaya, motivasi, dan doa untuk kelangsungan Tesis serta Laporan ini
2. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tesis yang telah bersedia meluangkan waktu dan pikirannya kepada kami untuk menyelesaikan Tesis ini.
3. Bapak Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknologi Produksi dan Material Kelautan FTK – ITS.
4. Saudara-saudaraku LAKSAMANA P-49 yang terus memberikan dukungan, motivasi dan doanya demi selesainya Tesis ini .
5. Harmoni Filantropi yang telah memberikan segala doanya untuk selesainya Tesis kami.
6. Dan semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu.

Akhir kata, dalam penyusunan laporan Tesis ini, mungkin ada beberapa kesalahan yang secara sadar maupun tidak disadari oleh penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun akan sangat diharapkan oleh penulis. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi pembaca pada khususnya, dan bagi mahasiswa Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan ITS pada umumnya.

Penulis

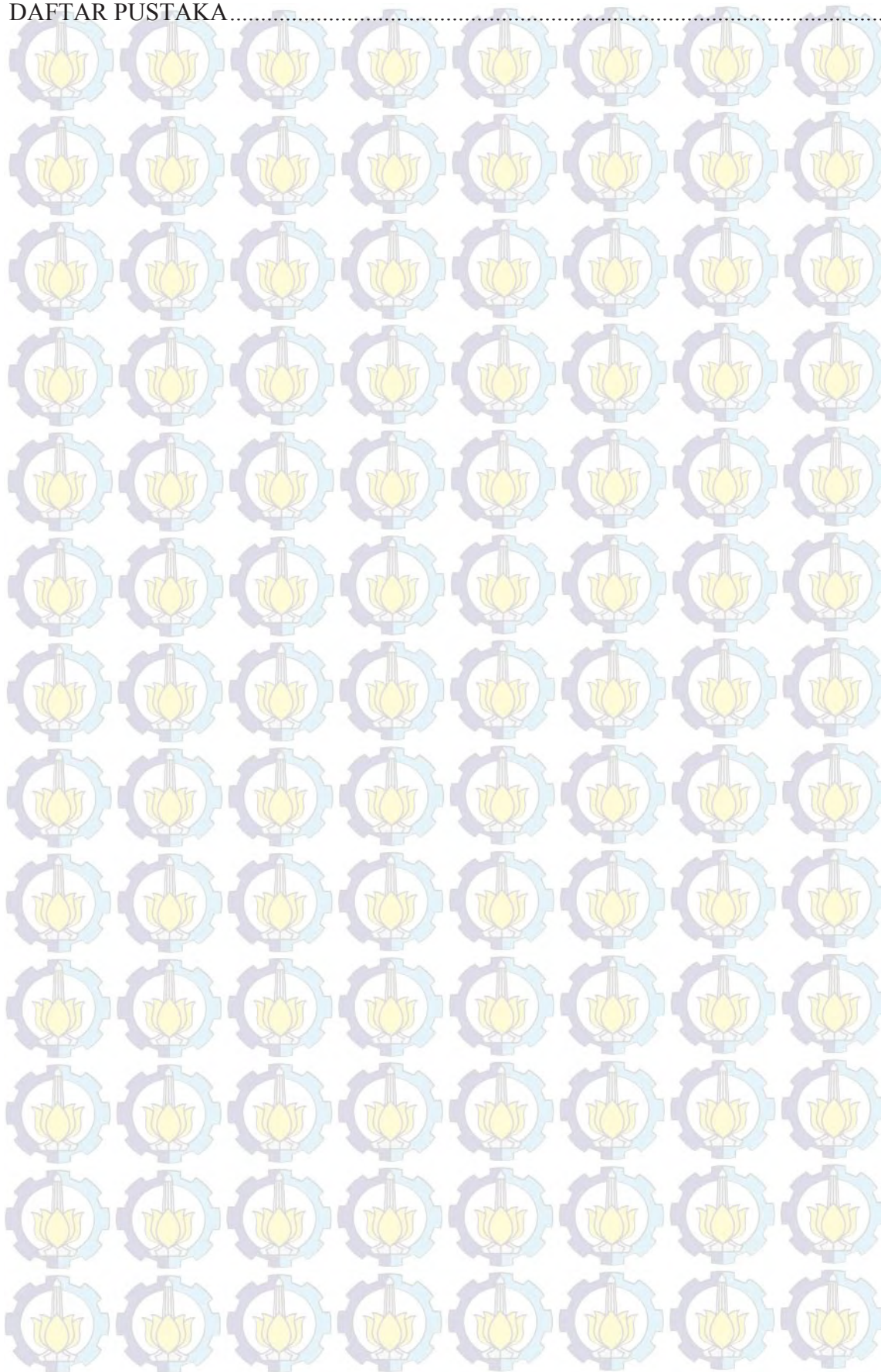
Surabaya, Juli 2014

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GRAFIK	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Gambaran Umum	1
1.2 Latar Belakang	2
1.3 Rumusan Masalah	4
1.4 Maksud dan Tujuan	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Manfaat	5
1.7 Hipotesis	5
1.8 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	7
2.1 Pendahuluan	7
2.2 Tinjauan Dasar Struktur Bangunan Apung	8
2.3 FPSO (Floating Production Storage and Offloading) dan FSO (Floating Storage Offloading)	9
2.4 Trading Tanker	10
2.5 Perbandingan FSO Hasil Konversi dengan Bangunan Baru (New Build)	13
2.5.1 Segi Teknis	13
2.5.2 Segi Ekonomis	15
2.6 Condition Assessment Program (CAP)	16
2.7 Kondisi Lingkungan	18

2.8	Beban.....	19
2.9	Efek Deformasi.....	19
2.10	Analisa Struktur.....	24
2.11	Kondisi Pembebanan.....	25
2.12	Kekuatan dan Kelelahan (Fatigue Strength).....	27
2.12.1	Definisi.....	27
2.12.2	Prosedur perhitungan kelelahan.....	28
2.12.3	Beban dan Tegangan Kelelahan.....	30
2.12.4	Desain Kurva S-N.....	38
2.12.5	Faktor Konsentrasi Tegangan (Stress Concentration Factor).....	41
2.12.6	Penaksiran Kelelahan (Fatigue Assessment).....	45
2.12.7	Analisi Kelelahan Deterministik (Deterministics Fatigue Analysis).....	46
2.12.8	Penaksiran Kelelahan Sederhana (Simplified Fatigue Analysis).....	47
2.12.9	Proses Konversi.....	49
2.13	Penafsiran Harga (Cost Assessment) FSO Hasil Konversi.....	50
2.13.1	Pengertian Biaya.....	50
2.13.2	Komponen Biaya Produksi.....	50
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....		55
3.1	Pendahuluan.....	55
3.2	Langkah-Langkah Pengerjaan.....	56
3.3	Pengumpulan Data.....	57
3.4	Deskripsi dan Penjelasan Data.....	58
3.4.1	Trading Tanker Target Konversi.....	58
3.4.2	Data Lingkungan (Metocean Data).....	59
3.4.3	Penggunaan Data.....	63
BAB 4 PERUMUSAN <i>FATIGUE LIFE</i> DAN <i>COST ASSESSMENT</i> KONVERSIFLOATING <i>STORAGE AND OFFLOADING (FSO)</i>		65
4.1	Pendahuluan.....	65
4.2	Design Structure.....	66
4.3	Data Lingkungan.....	67
4.4	Tipe Sambungan Konstruksi (<i>Connection Type Construction</i>).....	70
4.5	Perhitungan Laju Korosi.....	72
4.6	Pengecekan Modulus Penampang.....	74

4.7	Perhitungan Beban Statis	77
4.8	Perhitungan Beban Dinamis	78
4.9	Total Beban	79
4.9.1	Beban Statis dan Dinamis Full Load	79
4.9.2	Beban Statis dan Dinamis 60% Full Load	84
4.9.3	Beban Statis dan Dinamis 40% Full Load	85
4.9.4	Beban Statis dan Dinamis Ballast Condition	88
4.10	Perhitungan <i>Hotspot Stress</i>	91
4.10.1	Sambungan 1 (S1)	91
4.10.2	Sambungan 2 (S2)	92
4.10.3	Sambungan 3 (S3)	93
4.10.4	Sambungan 4 (S4)	94
4.10.5	Sambungan 5 (S5)	95
4.10.6	Sambungan 6 (S6)	95
4.10.7	Sambungan 7 (S7)	95
4.10.8	Sambungan 8 (S8)	96
4.10.9	Sambungan 9 (S9)	97
4.10.10	Sambungan 10 (S10)	98
4.11	Modifikasi Sambungan	99
4.12	Estimasi Biaya	108
4.12.1	Input data biaya	108
4.12.2	Perhitungan estimasi biaya	110
BAB 5 ANALISIS <i>FATIGUE LIFE</i> DAN <i>COST ASSESSMENT</i> KONVERSI <i>FLOATING STORAGE AND OFFLOADING (FSO)</i>		111
5.1	Pendahuluan	111
5.2	Analisis <i>Fatigue Life</i>	112
5.2.1	Pendahuluan	112
5.2.2	Hasil Perumusan <i>Fatigue Life</i>	112
5.3	Analisis Biaya	117
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		121
6.1	Pendahuluan	121
6.2	Kesimpulan	122
6.3	Saran	123



DAFTAR TABEL

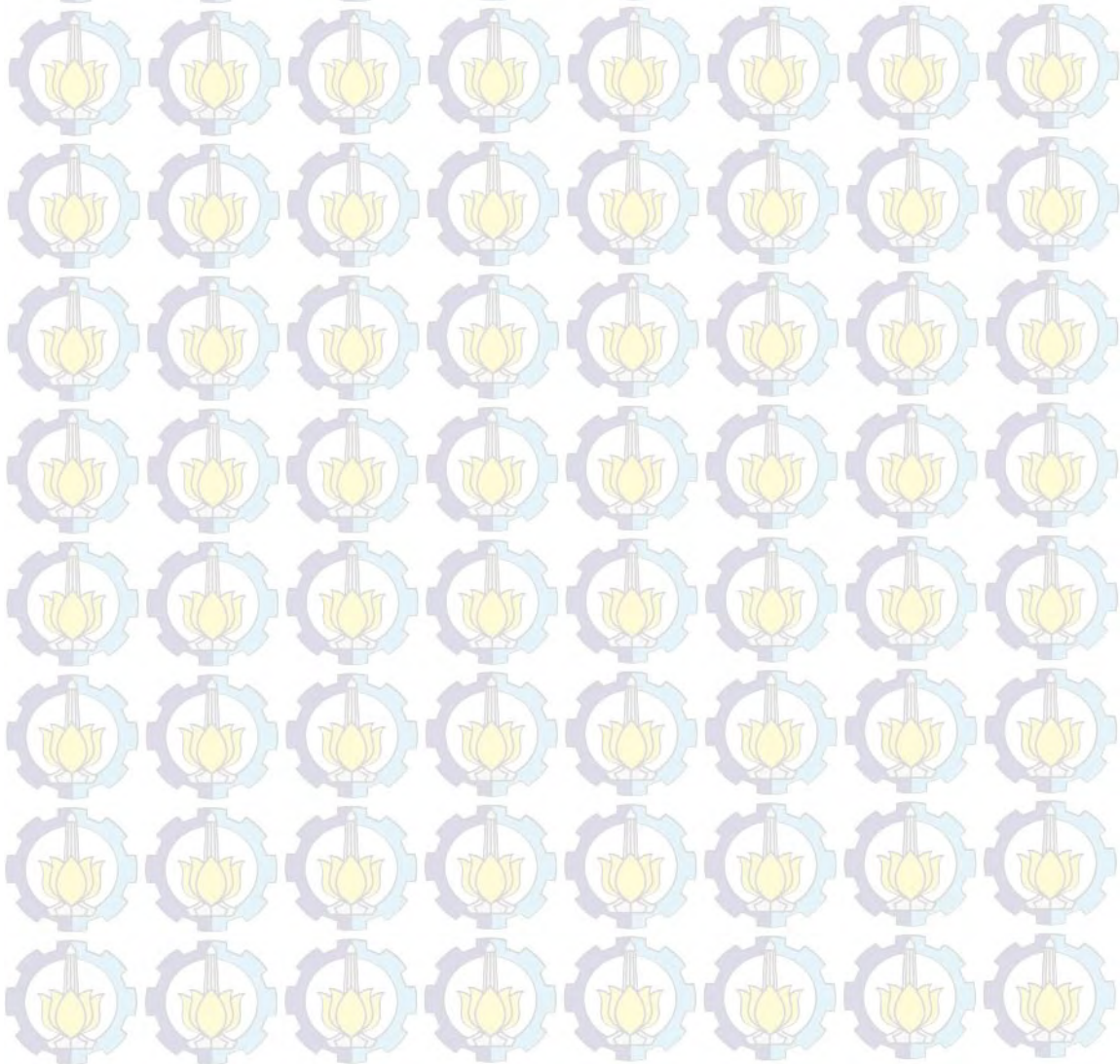
Tabel 2.1 VLCC's Sold for Scrapping	11
Tabel 2.2 Suezmaxes Sold for Scrapping	12
Tabel 2.3 Aframaxes Sold for Scrapping	12
Tabel 2.4 Panamax Sold for Scrapping	12
Tabel 2.5 Sample data hull proportions	13
Tabel 2.6 Material Designation	15
Tabel 2.7 Loading Condition	25
Tabel 2.8 Definisi <i>load case</i>	26
Tabel 2.9 Hubungan antara gerak kapal dengan beban kapal	26
Tabel 2.10 Presentase Fatigue Loading Condition (IACS, 1999)	31
Tabel 2.11 <i>Presentase Fatigue Loading Condition FPSO</i> (Oh, 2003)	31
Tabel 2.12 <i>Load Cases</i> (BV, 1998)	32
Tabel 2.13 Nilai Parameter Bentuk Weibull untuk <i>Simplified Fatigue Assessment</i>	35
Tabel 2.14 Tipe Sambungan (CSR for Double Hull Oil Tanker, 2010)	40
Tabel 2.15 Faktor konsentrasi tegangan untuk sambungan pada akhir stiffeners	42
Tabel 3.1 Karakteristik Laut Jawa	60
Tabel 3.2 Karakteristik lingkungan Selat Madura	61
Tabel 3.3 Karakteristik perairan Kepulauan Seribu	62
Tabel 3.4 Karakteristik lingkungan Laut Bali	62
Tabel 4.1 <i>Principal Dimension</i>	66
Tabel 4.2 Rasio bentuk struktur	67
Tabel 4.3 Klasifikasi <i>Sea state</i>	68
Tabel 4.4 Sebaran gelombang di Teluk Mexico	68
Tabel 4.5 Gelombang dalam kurun waktu	69
Tabel 4.6 Tabulasi <i>significant wave</i> target lokasi FSO	69
Tabel 4.7 Tipe sambungan konstruksi MT Fastron	70
Tabel 4.8 Laju korosi pada pelat	72
Tabel 4.9 Laju korosi pada <i>side longitudinal</i>	72
Tabel 4.10 Laju korosi pada pembujur <i>inner shell longitudinal bulkhead</i>	72
Tabel 4.11 Laju korosi pada pembujur <i>Longitudinal bulkhead</i>	73
Tabel 4.12 Laju korosi pada <i>deck longitudinal</i>	73

Tabel 4.13 Laju korosi pada <i>bottom longitudinal</i>	73
Tabel 4.14 Laju korosi pada <i>inner bottom longitudinal</i>	74
Tabel 4.15 Pengecekan modulus penampang.....	74
Tabel 4.16 Rekap item beban dinamis.....	78
Tabel 4.17 Total beban 40% <i>full load</i>	85
Tabel 4.18 Total beban 40% <i>ballast condition</i>	88
Tabel 4.19 <i>Hotspot stress analysis</i> sambungan 1	91
Tabel 4.20 <i>Hotspot stress analysis</i> sambungan 2	92
Tabel 4.21 <i>Hotspot stress analysis</i> sambungan 3	93
Tabel 4.22 <i>Hotspot stress analysis</i> sambungan 4	94
Tabel 4.23 <i>Hotspot stress analysis</i> sambungan 5	95
Tabel 4.24 <i>Hotspot stress analysis</i> sambungan 6	95
Tabel 4.25 <i>Hotspot stress analysis</i> sambungan 7	95
Tabel 4.26 <i>Hotspot stress analysis</i> sambungan 8	96
Tabel 4.27 <i>Hotspot stress analysis</i> sambungan 9	97
Tabel 4.28 <i>Hotspot stress analysis</i> sambungan 10	98
Tabel 4.29 <i>cummulative fatigue damage</i> sambungan 1	99
Tabel 4.30 <i>cummulative fatigue damage</i> sambungan 2	100
Tabel 4.31 <i>cummulative fatigue damage</i> sambungan 3	100
Tabel 4.32 <i>cummulative fatigue damage</i> sambungan 4	101
Tabel 4.33 <i>cummulative fatigue damage</i> sambungan 5	102
Tabel 4.34 <i>cummulative fatigue damage</i> sambungan 6	102
Tabel 4.35 <i>cummulative fatigue damage</i> sambungan 7	102
Tabel 4.36 <i>cummulative fatigue damage</i> sambungan 8	103
Tabel 4.37 <i>cummulative fatigue damage</i> sambungan 9	104
Tabel 4.38 <i>cummulative fatigue damage</i> sambungan 10	104
Tabel 4.39 Modifikasi sambungan	106
Tabel 4.40 Konsumsi gas <i>oxygen-acetyllen</i>	109
Tabel 4.41 Konsumsi kawat las	109
Tabel 4.42 Harga tanker dunia	109
Tabel 5.1 Rekapitulasi <i>fatigue life</i>	112
Tabel 5.2 Hasil perumusan biaya konversi tanker menjadi FSO	117
Tabel 5.3 <i>Indicative newbuilding prices</i>	119
Tabel 5.4 Perbandingan harga FSO bangunan baru dan konversi	120

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perkembangan Terakhir Pasar Gas Alam Dunia	2
Gambar 2.1 FSO <i>Knock Nevis</i>	10
Gambar 2.2 Perkembangan <i>trading tanker</i> di dunia	11
Gambar 2.3 Bouyancy of new build FSO	14
Gambar 2.4 Bouyancy of conversion FSO	14
Gambar 2.5 <i>Fatigue analysys software</i>	16
Gambar 2.6 Contoh Sertifikat CAP	17
Gambar 2.7 Kondisi <i>Hogging</i> (Barrass, 1999)	20
Gambar 2.8 Kondisi <i>Sagging</i> (Barrass, 1999)	20
Gambar 2.9 Vertical and Horizontal Wave Bending Moment Distribution for Fatigue Strength	22
Gambar 2.10 Positive Vertical Wave Shear Force Distribution	23
Gambar 2.11 Negative Vertical Wave Shear Force Distribution	23
Gambar 2.12 Definisi gelombang pada kondisi EDW “H” dan “F”	25
Gambar 2.13 Definisi gelombang pada kondisi EDW “R” dan “P”	26
Gambar 2.14 Rentang siklus tegangan lawan waktu	34
Gambar 2.15 <i>Stress Distribution Illustration</i>	38
Gambar 2.16 Kurva S-N untuk sambungan las (<i>CSR for Double Hull Oil Tanker</i> , 2010)	40
Gambar 2.17 Jarak perpindahan (displacement) antara sekat melintang	45
Gambar 2.18 Analisis kelelahan deterministik (Clauss et al, 1994)	47
Gambar 2.19 Uraian komponen-komponen biaya dasar pada proses produksi	51
Gambar 2.20 Uraian komponen biaya material	52
Gambar 2.21 Uraian komponen biaya tenaga kerja langsung	53
Gambar 3.1 Langkah-Langkah Pengerjaan Tesis	57
Gambar 3.2 <i>Midship Section Tanker 30000 DWT</i>	58
Gambar 3.3 Konstruksi profil MT FASTRON	59
Gambar 3.4 Peta lingkungan FSO	59
Gambar 3.5 <i>Planning matrix</i> variasi rumusan	63
Gambar 4.1 <i>Midship section of tanker</i> (PT Biro Klasifikasi Indonesia, 2011)	67
Gambar 4.2 M_{WV} arah gelombang <i>headsea</i>	82
Gambar 4.3 M_{WH} arah gelombang <i>headsea</i>	83
Gambar 4.4 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang <i>beam sea</i>	83
Gambar 4.5 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang <i>oblique sea</i>	83

Gambar 4.6 M_{WV} arah gelombang <i>headsea</i>	84
Gambar 4.7 M_{WH} arah gelombang <i>headsea</i>	84
Gambar 4.8 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang <i>beam sea</i>	84
Gambar 4.9 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang <i>oblique sea</i>	85
Gambar 4.10 M_{WV} arah gelombang <i>headsea</i>	87
Gambar 4.11 M_{WH} arah gelombang <i>headsea</i>	87
Gambar 4.12 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang <i>beam sea</i>	87
Gambar 4.13 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang <i>oblique sea</i>	88
Gambar 4.14 M_{WV} arah gelombang <i>headsea</i>	89
Gambar 4.15 M_{WH} arah gelombang <i>headsea</i>	90
Gambar 4.16 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang <i>beam sea</i>	90
Gambar 4.17 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang <i>oblique sea</i>	90
Gambar 5.1 Grafik <i>decision maker</i>	118





BAB 1

PENDAHULUAN

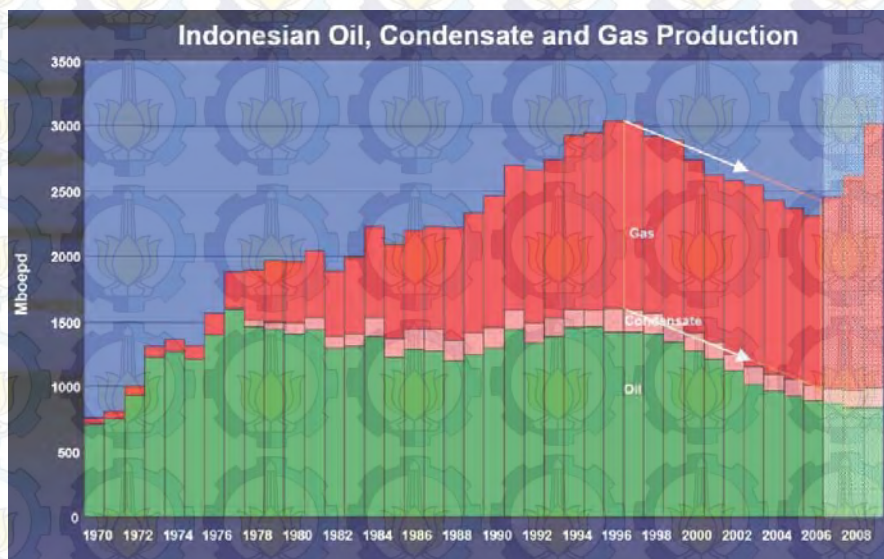
1.1 Gambaran Umum

Bab ini berisikan tentang latar belakang diambilnya judul Tesis ini, kemudian poin-poin rumusan masalah, maksud dan tujuan, batasan masalah, manfaat atau kontribusi serta sistematika penulisan. Latar belakang berisikan sebuah masalah utama yang menjadi motivasi penulis mengambil judul Tesis ini. Masalah utama adalah sebuah standart dan dasar penentuan suatu desain yang diinginkan dengan kondisi aktual atau kondisi terkini. Dengan penjabaran *problem solving* yang berbeda-beda padahal telah ada rumus pendekatan yang standart dan *data base* yang tipikal sebelumnya menggiring penulis untuk mengetahui dan memecahkan masalah ini, sehingga muncul beberapa poin turunan berupa rumusan masalah. Maksud adalah tujuan umum penulisan Tesis ini, sedangkan poin-poin tujuan adalah jawaban rumusan masalah. Batasan masalah adalah antisipasi terjadinya penyimpangan pembahasan dalam penelitian. Sub bab manfaat menjelaskan tentang kontribusi Tesis ini terhadap permasalahan aktual di lapangan sehingga penulisannya memberikan nilai guna untuk masyarakat. Sub bab terakhir adalah sistematika penulisan. Dalam sistematika penulisan akan dijabarkan urutan penulisan dalam suatu sistem yang terintegrasi dari awal hingga akhir.

1.2 Latar Belakang

Di Indonesia, energi migas masih menjadi andalan utama perekonomian Indonesia, baik sebagai penghasil devisa maupun pemasok kebutuhan energi dalam negeri. Indonesia merupakan salah satu negara yang kaya akan gas bumi. Pada pertengahan tahun 1970-an hingga tahun 2006, permintaan gas alam menurun dan hanya digunakan pada kebutuhan yang terbatas. Infrastruktur transmisi dan distribusi gas pada periode tersebut juga terbatas. Namun seiring dengan kemajuan teknologi pembangunan prasarana dan industri yang sedang giat-giatnya dilakukan di Indonesia, membuat pertumbuhan konsumsi energi rata-rata mencapai 7% dalam 10 tahun terakhir [BP Migas (2009)].

Peningkatan yang sangat tinggi, melebihi rata-rata kebutuhan energi global, mengharuskan Indonesia untuk segera menemukan cadangan migas baru, baik di Indonesia maupun ekspansi ke luar negeri. Hal ini kemudian mendasari eksploitasi gas mulai digencarkan dan Indonesia termasuk salah satu eksportir gas terbesar di dunia. Peningkatan permintaan gas alam seperti ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Perkembangan Terakhir Pasar Gas Alam Dunia

(dalam bcm atau tcf)

Pada grafik yang terlihat di Gambar 1.1 menunjukkan bahwa dari tahun 2008 produksi gas alam di Indonesia meningkat, bahkan hingga tahun 2013 masih terus mengalami peningkatan [Q1 (2007)].

Sulitnya menemukan ladang migas yang komersial didarat maupun dilaut dangkal menjadikan percepatan perkembangan teknologi floating system (instalasi

explorasi/exploitasi migas terapung) agar dapat berexplorasi/exploitasi dilaut dalam. Ini sejalan dengan kemajuan teknologi terutama dibidang material, dan kelautan seperti yang telah diungkapkan Berthy (2013). Seiring dengan tren tersebut, maka dapat dipastikan operator migas akan memerlukan banyak fasilitas marine untuk menunjang kegiatan operasionalnya. Salah satu fasilitas yang diperlukan oleh operator migas adalah FSO (Floating Storage and Offloading). FSO adalah bangunan apung lambung tunggal berbentuk kapal atau tongkang yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan migas sebelum akhirnya ditransfer ke kapal-kapal tanker untuk didistribusikan ke daratan.

Pengadaan FSO untuk melayani kebutuhan di wilayah offshore dapat dilakukan dengan membangun kapal baru (*new build*) atau dengan melakukan konversi terhadap kapal-kapal bekas. Pengadaan FSO dengan *new build* akan menguntungkan apabila jangka waktu operasional lebih dari 20 tahun. Namun jika FSO didesain untuk jangka waktu operasional kurang dari 15 tahun, maka pengadaan FSO akan lebih menguntungkan menggunakan konversi kapal bekas. Kapal-kapal bekas yang biasa dikonversi menjadi FSO adalah kapal tanker, karena bentuk lambung kapal tanker sama dengan kapal-kapal yang digunakan sebagai FSO. Kapal-kapal tanker yang dikonversi rata-rata kapal yang berusia tua, sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Paik (2007).

Namun demikian kapal-kapal *trading tanker* yang akan dikonversi harus dianalisa terlebih dahulu terkait dengan perubahan struktur terutama aspek *fatigue*. Hal ini dikarenakan kapal-kapal tersebut telah beroperasi sebelumnya, sehingga *corrosion rate*-nya sudah berjalan membuat umur kapal berkurang, bahkan ada yang sudah melewati *design life*.

Berdasarkan hal tersebut, maka dalam tesis ini akan dilakukan perumusan pemilihan *trading tanker* yang sesuai untuk dikonversi menjadi FSO di perairan Indonesia.

1.3 Rumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang tersebut di atas permasalahan yang akan dikaji dalam tesis ini yaitu:

- Bagaimana kondisi perairan Laut Jawa dan sekitarnya?
- Bagaimanakah hasil perhitungan *fatigue life trading tanker* yang sesuai dengan *Common Structural Rules* untuk konversi menjadi FSO di perairan Laut Jawa dan sekitarnya?
- Bagaimanakah hasil perhitungan aspek ekonomis *trading tanker* untuk konversi menjadi FSO di perairan Laut Jawa dan sekitarnya?

1.4 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk membuat kajian terkait dengan pemilihan *trading tanker* yang sesuai untuk konversi menjadi FSO untuk dioperasikan di perairan Laut Jawa dan sekitarnya. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah:

- Mengidentifikasi kondisi perairan Laut Jawa dan sekitarnya.
- Mendapatkan hasil perhitungan *fatigue life trading tanker* untuk konversi menjadi FSO di perairan Laut Jawa dan sekitarnya.
- Mendapatkan hasil perhitungan aspek ekonomis *trading tanker* untuk konversi menjadi FSO di perairan Laut Jawa dan sekitarnya.
- Menghasilkan rekomendasi kondisi tanker *second hand* yang menguntungkan untuk dikonversi menjadi FSO di perairan Laut Jawa.

1.5 Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang ada dalam penelitian ini adalah:

- Proses konversi dilakukan untuk perairan Laut Jawa, Kepulauan Seribu, Laut Bali, dan Selat Madura.
- Perhitungan *load component*, *fatigue* dan *structural response* menggunakan rumus *scantling* yang ada di dalam *ABS Rules Classification for Floating Structure* dan *Common Structural Rules (CSR)*.

1.6 Manfaat

Dengan adanya perumusan ini diharapkan dapat membantu pemilik (*owner*) dalam hal ini adalah *oil and gas company* yang melakukan eksploitasi gas di Laut Jawa dan sekitarnya dalam menentukan *trading tanker* yang sesuai untuk konversi menjadi FSO. Di samping itu, perumusan ini juga dapat digunakan sebagai referensi mahasiswa untuk analisis selanjutnya maupun penelitian lain yang sejenis.

1.7 Hipotesis

Berdasarkan segi biaya dan kekuatan, konversi *trading tanker* menjadi FSO lebih menguntungkan apabila tanker yang dikonversi adalah kapal yang masuk dalam klasifikasi CAP 3, karena memiliki umur tidak terlalu tua dan harganya relatif murah

1.8 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan Tesis ini dimulai dengan pendahuluan pada bab pertama yang menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan Tesis ini, manfaat yang diperoleh, batasan masalah, hipotesis, serta sistematika penulisan laporan.

Dasar teori dan tinjauan pustaka yang menjadi sumber referensi Tesis ini dijelaskan pada bab kedua. Secara rinci bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian Tesis, dasar-dasar teori, persamaan-persamaan dan *code* yang digunakan dalam penelitian Tesis ini dicantumkan dalam bab ini.

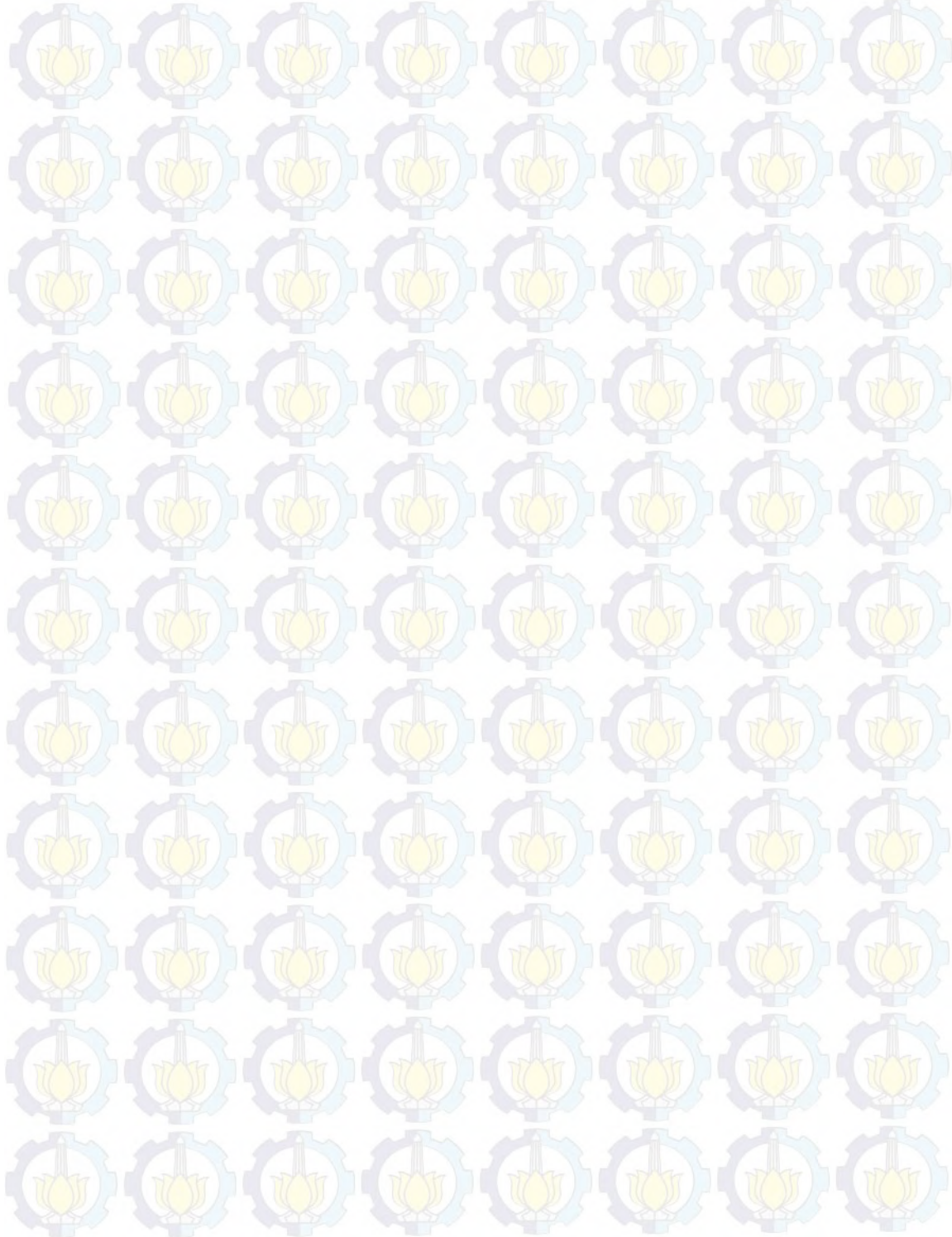
Bab ketiga pada penulisan laporan Tesis ini menerangkan tentang metodologi penelitian beserta langkah pengerjaan yang digunakan untuk mengerjakan Tesis. Penjelasan pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian Tesis juga dicantumkan dalam bab ini.

Pada bab keempat akan dibahas proses desain perumus dalam penelitian Tesis yang berdasarkan pada *Common Structural Rules* dan *American Bureau Society*. Proses perumusan mendeskripsikan urutan dari nol hingga siap dianalisis dari segi *fatigue life* dan ekonomis.

Pada bab kelima akan diterangkan perhitungan analisis dari segi *fatigue life* dan ekonomis. Analisis *fatigue life* meliputi pengecekan konstruksi kapal, identifikasi *end connection* pada kapal, kondisi pembebanan, perhitungan *stress range* pada masing-masing sambungan hingga mendapatkan sisa umur dari sambungan tersebut.

Setelah analisis *fatigue life* selesai, dilanjutkan analisis ekonomis. Analisis ekonomis ini bertujuan untuk mengetahui besarnya biaya yang harus dikeluarkan oleh *owner*.

Selayaknya sebuah laporan penelitian, bab keeneam atau sekaligus bab terakhir adalah bab yang menguraikan simpulan hasil penelitian. Bab ini berisi tentang rangkuman hasilproses desain hingga analisis yang dilakukan pada bab sebelumnya. Di samping itu, penulis juga menyertakan beberapa rekomendasi atau saran untuk penelitian selanjutnya maupun penelitian dengan topik yang sama.





BAB 2

KAJIAN PUSTAKA

2.1 – Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan secara detail dasar teori termasuk rumus-rumus pendekatan yang digunakan. Dalam bab ini juga akan diterangkan konsep-konsep yang mendukung pengerjaan Tesis ini, mulai dari tinjauan dasar struktur bangunan apung, teori-teori tentang *FPSO/FSO*, deskripsi lingkungan perairan (*sea state*), deskripsi rumus dan teori perhitungan *fatigue life* pada *Common Structure Rules* dan *American Bureau Society*, hingga ke penjelasan proses konversi.

2.2 Tinjauan Dasar Struktur Bangunan Apung

Struktur bangunan apung sangat dipengaruhi oleh beban lingkungan yang besarnya bervariasi sejalan dengan perubahan waktu. Aspek utama yang paling berpengaruh adalah kondisi dari lokasi operasi, seperti kondisi cuaca lokal (gelombang dan angin) [Brunner (2007)]. Kondisi lingkungan yang bervariasi ini akan mengakibatkan fluktuasi tegangan pada komponen struktur bangunan lepas pantai, salah satunya adalah FPSO. Proses fluktuasi tegangan tersebut dikenal sebagai kerusakan kelelahan struktur (*fatigue damage*). *Fatigue damage* pada FPSO ini disebabkan oleh beban gelombang air laut yang karakteristiknya iregular dan tidak dapat diprediksi, seperti yang telah diteliti oleh Choung dan Yoon (2008). Dan kontrol dari kelelahan ini sangat bergantung pada data karakteristik dan kondisi lingkungan sekitar, karena hal ini digunakan sebagai acuan bahwa FPSO tersebut dapat bertahan hingga beberapa dekade tanpa docking untuk perawatannya [Oh, Sim & Shin (2003)]. Perkiraan umur kelelahan (*fatigue life*) didasarkan pada beban fluktuasi yang akan diterima struktur selama masa operasi. Sehingga, untuk mengetahui umur kelelahan struktur dapat dilakukan setelah memperoleh informasi kondisi beban yang diterima struktur selama operasi yakni dengan menggunakan persamaan Palmgren-Miner, seperti yang telah dilakukan oleh Boonstra dkk (2002).

Beban lingkungan yang bersifat siklis seperti beban gelombang dan beban angin yang mengenai Floating Production Storage and Offloading (FPSO) sangatlah dominan, sehingga kemungkinan terjadinya kerusakan akibat kelelahan (*fatigue*) sangat besar juga. Disamping itu, faktor-faktor operasi lain pada tingkatan tertentu juga dapat menambah beban siklis ini, sehingga keadaan struktur menjadi bertambah kritis, sebagaimana dilaporkan oleh Djatmiko (2003). Menurut penelitian Barltrop dan Okan (2000), bahwa pada bagian haluan FPSO rentan terhadap kerusakan yang diakibatkan oleh gelombang yang curam. Penelitian tersebut merujuk dari FPSO Schiehallion yang mengalami kerusakan akibat adanya gelombang yang curam. Wicaksono (2010) telah melakukan penelitian tentang analisis keandalan scantling support structure system gas processing module FPSO Belanak terhadap beban kelelahan dan menghasilkan kesimpulan bahwa kontribusi beban yang terbesar terhadap umur kelelahan adalah beban gelombang yakni sebesar 85.963% dengan beban maksimum 84.63Mpa.

Struktur yang akan diteliti pada tesis ini adalah struktur lambung pada Tanker 30.000 DWT yang direncanakan untuk konversi FSO. Tinjauan penelitian adalah pada daerah ruang muat atau *midship section*, karena pada daerah ini menerima beban tekuk yang paling besar. Dimana beban gelombang setempat dianggap sebagai beban yang paling berpengaruh

terhadap umur kelelahan struktur, dengan *deterministic methode* sebagai metode pembebanannya dan metode *simplified* sebagai metode analisis umur kelelahannya.

2.3 FPSO (Floating Production Storage and Offloading) dan FSO (Floating Storage Offloading)

Jika kita bicara tentang bangunan apung di laut sebagai tempat produksi maupun tempat penyimpanan minyak tentu tak lepas dari adanya *FPSO* dan *FSO*. Definisi dari *FPSO unit* adalah bangunan terapung yang digunakan oleh industri lepas pantai untuk pengolahan hidrokarbon dan untuk penyimpanan minyak. *FPSO* dirancang untuk menerima hidrokarbon yang dihasilkan dari *platform* terdekat atau *template* bawah laut, mengolahnya, dan menyimpan minyak sampai dapat diturunkan ke kapal tanker atau diangkut melalui saluran pipa. Penggunaan *FPSO* lebih disukai di area lepas pantai karena cara pemasangan *FPSO* yang lebih mudah dan tidak perlu infrastruktur pipa lokal untuk mengolah minyak. Unit lainnya, yaitu *FSO* adalah gudang penyimpanan terapung dan *offloading* kapal yang hanya digunakan untuk menyimpan minyak tanpa mengolahnya.

FPSO dan *FSO* merupakan sebuah evolusi cepat dibidang *offshore* pada saat ini. Konsepnya digunakan untuk menangani masalah produksi dan penampungan minyak di perairan laut dalam. Seperti contohnya di pantai barat Afrika, Brazil maupun di Indonesia. Bahkan di ladang minyak pantai barat Afrika *FPSO* dan *FSO* khusus dibuat sesuai dengan kondisi lingkungan yang ekstrem di sana.

Dalam pengadaannya, kedua jenis bangunan ini bisa terbentuk karena modifikasi sebuah kapal tangki minyak (konversi) atau bisa dari kapal yang sengaja dibangun khusus untuk kebutuhan tersebut sesuai dengan kondisi lingkungan dan finansial. Rancangan *FPSO/FSO* akan tergantung pada daerah operasi. Di perairan yang cenderung tenang *FPSO* mungkin memiliki bentuk kotak sederhana atau mungkin kapal tanker yang dikonversi. Umumnya *production line (riser)* yang terhubung ke komponen utama kapal (*turret*) memungkinkan kapal untuk berputar untuk mengurangi efek beban lingkungan pada sistem *mooring*. Di perairan yang relatif tenang, seperti di Afrika bagian barat, *turret* dapat ditemukan di luar bagian struktur kapal terletak menggantung di haluan *FPSO/FSO*. Untuk lingkungan yang lebih keras seperti Laut Utara, menar *turret* umumnya berada di bagian dalam struktur kapal. *Turret* dan sistem *mooring* dapat dirancang untuk menjadi *disconnectable* atau tetap secara permanen ditambatkan. Kebanyakan kapal berbentuk *FPSO/FSO* di Laut Utara adalah bangunan baru dan secara permanen ditambatkan.

Sebuah *FPSO* memiliki kemampuan untuk melakukan beberapa proses pemisahan. Proses di *FPSO* adalah komponen inti pada fasilitas dan membentuk bagian penting dari proses produksi. Produksi biasanya dilakukan dalam 3 tahap yaitu pemisahan gas, pemisahan air, dan pemisahan minyak. Jika unit hanya memiliki fasilitas pemisahan air umumnya disebut sebagai *Floating Storage and Unit Pembongkaran (FSO)*. *FSO* dioperasikan dengan fungsi sebagai pendamping *platform* produksi.

FSO adalah perangkat penyimpanan terapung yang merupakan bentuk sederhana *FPSO* tanpa kemampuan untuk pengolahan minyak ataupun gas. *FSO* kebanyakan merupakan *supertanker* dengan lambung tunggal tua yang telah dikonversi. Contohnya adalah *Knock Nevis*, mantan *Giant Seawise* adalah kapal yang dulunya merupakan kapal terpanjang di dunia. Kini telah dikonversi menjadi *FSO* untuk digunakan di lepas pantai Qatar.



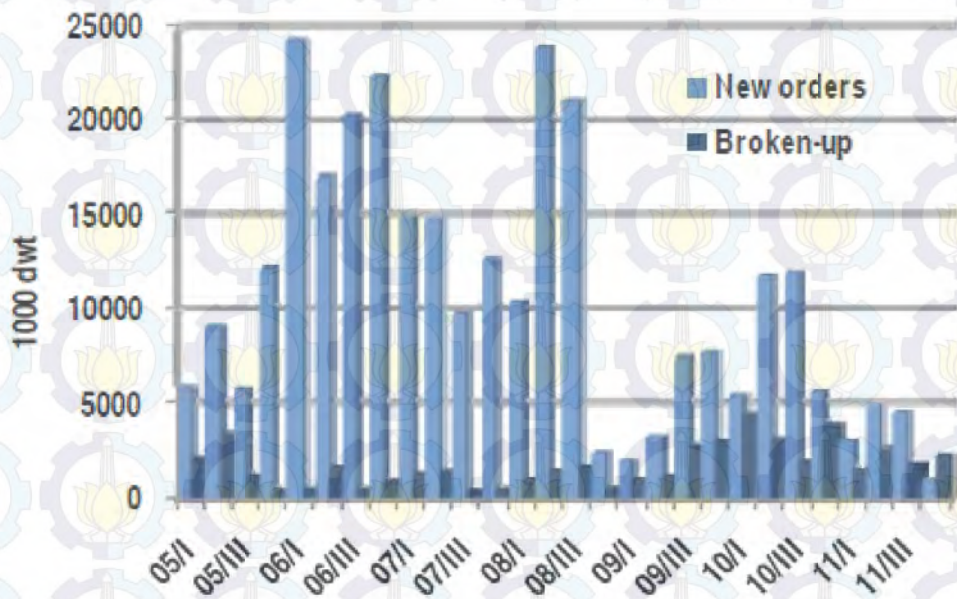
Gambar 2.1 *FSO Knock Nevis*

Gambar 2-1 adalah *FSO Knock Nevis* yang mana merupakan hasil konversi dari tanker *Giant Seawise*. Sistem *mooring* untuk unit *FSO* dan *FPSO* yang tersedia di pasar juga memungkinkan kapal untuk berlabuh di lapisan es. Lempengan es dapat digunakan sebagai tempat tambat, hal ini memungkinkan *FSO* dan *FPSO* untuk bertambat di lokasi lempengan es yang berada dibawah air sekalipun.

2.4 Trading Tanker

Pada tahun 2010 dinyatakan bahwa bisnis tanker mengalami sedikit penurunan. Sesuai dengan pantauan dari *Fearnleys* dan *Platon* yang disajikan pada Gambar 2.2 menjelaskan

bahwa meskipun hanya sedikit namun bisnis tanker dari segala tipe mengalami penurunan secara terus menerus [Fearnresearch (2004)].



Gambar 2.2 Perkembangan trading tanker di dunia

Pada grafik yang terlihat di Gambar 2.2 menunjukkan bahwa jumlah permintaan (*order*) akan tanker cenderung menurun dari tahun 2005 – 2011. Namun penurunan *order* tersebut diikuti oleh meningkatnya jumlah tanker yang rusak, terutama pada tahun 2010. Hal tersebut tentu saja memberikan gambaran bahwa jumlah kapal tanker bekas di pasaran terus meningkat dari tahun 2005 hingga 2010.

Kebanyakan tanker bekas yang berada di pasaran dijual dengan tujuan *scrapping*. Seperti *records* data dari *Fearnleys* yang menunjukkan bahwa ada beberapa tanker tipe VLCC, *Suezmax*, *Aframax* dan *Panamaxy* yang dijual dengan tujuan *scrapping*. Tabel 2.1, Tabel 2.2, Tabel 2.3, dan Tabel 2.4 menunjukkan data tanker yang ada di pasaran dalam kurun waktu 12 tahun terakhir [ISL (2012)].

Tabel 2.1 VLCC's Sold for Scrapping

TYPE	NAME	BLT	DWT	LDT	PRICE	BUYER
TT	MARINE ATLANTIC	79	404 531	59 784	410.00	BANGLADESH
MT	ASIAN TIGER	76	273 941	37 500	415.00	BANGLADESH
TT	CITRA AYU	76	240 259	34 138	358.00	CHINA

Tabel 2.2 SuezmaxesSold for Scrapping

TYPE NAME	BLT	DWT	LDT	PRICE	BUYER
MT NOSTOS	81	155 211	21 900	410.00	BANGLADESH
MT SERENE SKY	76	154 934	27 215	300.00	CHINA
MT ARTEMIS	76	135 900	20 175	378.00	CHINA
OO LIBRA ALBACORA	77	132 007	24 332	397.00	CHINA

Tabel 2.3 AframaxesSold for Scrapping

TYPE NAME	BLT	DWT	LDT	PRICE	BUYER
MT OVERSEAS BOSTON	74	123 692	19 330	320.00	CHINA
MT KRITI SEA	74	123 436	20 129	403.00	BANGLADESH
MT SPIROS	78	116 783	19 232	375.00	CHINA
MT AFRAGEM	84	113 957	20 580	396.00	CHINA
MT ANOPOLIS	76	98 930	16 756	422.50	BANGLADESH
MT AL BOURAIGH	75	89 702	15 800	401.50	BANGLADESH
MT VIVEKANANDA	74	89 367	16 608	335.00	BANGLADESH
MT SATYAMURTI	75	89 347	16 800	360.00	INDIA
MT GULF DISCOVERY	81	88 725	15 244	337.50	BANGLADESH
MT MATCO CLYDE	82	81 944	16 000	310.00	CHINA

Tabel 2.4 Panamax Sold for Scrapping

TYPE NAME	BLT	DWT	LDT	PRICE	BUYER
MT USF 1	66	72 774	16 725	230.00	INDIA
MT VOLGA	81	65 689	13 747	376.00	CHINA
MT ADYGEJA	81	61 341	12 700	407.00	BANGLADESH
MT TITAN MERCURY	77	57 372	11 400	415.00	BANGLADESH
MT GEROI SEVASTOPOLOYA	79	55 870	12 648	381.00	CHINA
MT VIKTORIO KODOVILJA	76	40 030	11 300	329.00	CHINA
TT FREDRICKSBURG	58	39 347	8 644	425.00	BANGLADESH
MT BUNKER 2	75	37 440	8 013	300.00	INDIA
MT CLAUDINE	76	36 303	7 383	285.00	INDIA
MT ROVER	77	35 663	9 195	328.00	CHINA
MT STARDROP	76	32 234	7 253	361.00	CHINA
MT CORALI	75	31 601	6 849		BANGLADESH
MT MAYKOP	75	29 995	7 000	395.00	CHINA
MT OCEAN CHARM	84	29 940	8 500	332.00	CHINA
MT TALAVA	77	29 690	5 700	275.00	INDIA
MT MOKRAN	74	25 651	6 398	306.00	PAKISTAN
MT ASEAN POWER	75	11 518	3 530	350.00	INDIA

Dari Tabel 2.1, Tabel 2.2, Tabel 2.3, dan Tabel 2.4 terlihat hampir semua tipe kapal tanker ada di pasaran dan siap untuk *discrapp*. Tentu saja dari segi ekonomi, *scrapping* kapal kurang memberikan keuntungan, karena tidak menghasilkan *added value* disini. Namun tanker tanker bekas tersebut akan lebih memiliki nilai jual yang tinggi apabila dilakukan alih fungsi sesuai dengan kebutuhan saat ini, atau biasa disebut dengan konversi.

Konversi kapal adalah proses pengalihan fungsi suatu kapal agar memiliki nilai guna yang lebih tinggi sesuai dengan kebutuhan. Konversi menjadi salah satu alternatif dalam

pembuatan kapal karena mempunyai nilai ekonomis yang lebih menguntungkan dan waktu pembuatan yang bisa lebih cepat dari membuat sebuah kapal baru. banyak kapal tanker yang dikonversi karena kapal-kapal tersebut sudah berumur cukup tua dan tidak bisa beroperasi lagi karena adanya peraturan marpol 73/78 mengenai double hull dan double bottom. Namun proses konversi harus memperhatikan banyak aspek, salah satunya adalah kekuatan konstruksi. Sehingga dalam proses konversi kapal, konstruksi kapal harus diperhitungkan agar memenuhi peraturan yang disyaratkan oleh klasifikasi.

2.5 Perbandingan FSO Hasil Konversi dengan Bangunan Baru (New Build)

2.5.1 Segi Teknis

Kajian mengenai FSO telah banyak dilakukan. Hampir semua kajian tersebut mengarah pada pembahasan bagaimana sebuah FSO dibangun. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya FSO dapat dibuat melalui dua alternatif. Alternatif pertama adalah dengan mengkonversi kapal tanker dan yang kedua adalah membangun baru FSO sesuai dengan requirement yang telah disyaratkan.

Membangun FSO yang sama dengan cara yang berbeda tentunya menimbulkan adanya kesamaan dan perbedaan, baik dari segi teknis maupun ekonomis. Hal inilah yang kemudian mendasari adanya kajian-kajian terhadap kasus ini. Kajian mengenai perbedaan dan persamaan spesifik antara FSO konversi dan bangunan baru diteliti dengan kapasitas dan kondisi lingkungan yang sama, sebagaimana penelitian Terpstra (2001).

Ditinjau dari segi teknis, desain FSO cenderung memiliki dimensi yang lebih kecil dibandingkan dengan FSO hasil konversi. Seperti ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Sample data hull proportions

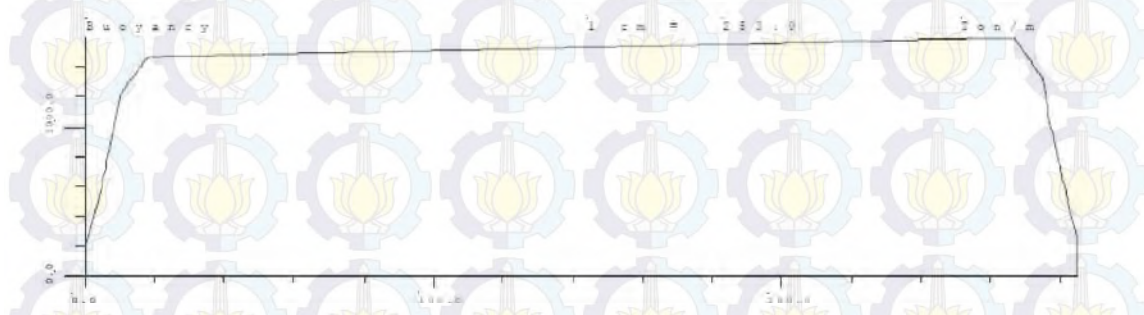
Vessel		L/B Ratio	B/D Ratio	L/D Ratio
FPSO	Actual New Build (N. Sea)	5.0	1.9	9.5
	Actual New Build (N. Sea)	5.4	1.7	8.9
	Actual New Build (Far East)	5.3	1.8	9.5
	Actual New Build (W. Africa)	5.2	1.9	9.7
	Proposed New Build (W. Africa)	4.5	2.0	8.8
	Conversion (S. America)	6.2	1.8	11.3
	Conversion (W. Africa)	7.3	1.6	11.5
Trading Tankers	70 – 100,000 DWT	5.6	3.0	16.7
	150 – 250,000 DWT	5.9	2.8	15.8
	250 – 350,000 DWT	5.5	1.9	10.7
	350 – 450,000 DWT	5.6	2.0	11.2

(Sumber : T. Terpstra, 2001).

Dapat dilihat pada Tabel 2.5 bahwa FSO konversi memiliki ratio L/B, B/D, dan L/D yang selalu memiliki nilai lebih kecil dibandingkan dengan FSO hasil konversi. Hal ini terjadi karena FSO *new build* dibangun sesuai dengan *owner requirement* dan design seminimal

mungkin untuk meminimalisir biaya pembangunan. Sedangkan FSO hasil konversi meskipun memenuhi *owner requirement*, namun dimensi FSO tidak dapat dibuat sama dengan hasil desain, tergantung pada *trading tanker* yang tersedia. *Trading tanker* yang dipilih relatif lebih besar dari desain yang telah dibuat. Hal ini untuk mengantisipasi kapasitas atau *payload* yang tidak terpenuhi.

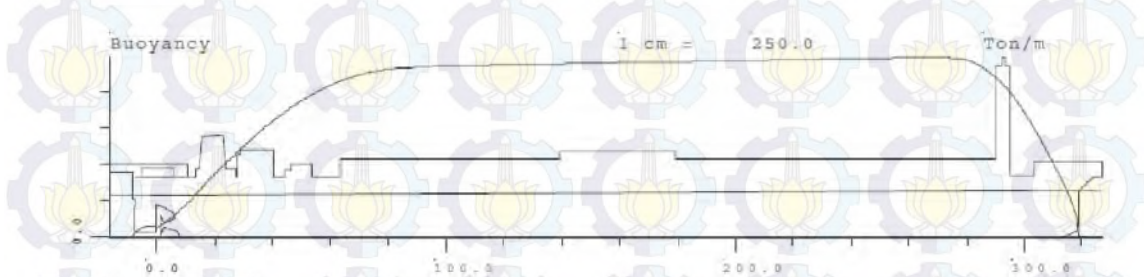
Hal lain yang membedakan antara FSO *new build* dan konversi adalah bentuk lambung (*hull form*). Gambar 2.3 menunjukkan persebaran *buoyancy* FSO *new build* sepanjang kapal.



Gambar 2.3 Buoyancy of new build FSO

Seperti yang terlihat pada Gambar 2.3, bahwa FSO *new build* memiliki bentuk lambung yang relatif kotak seperti barge, sehingga menghasilkan distribusi *buoyancy* yang konstan sepanjang kapal.

Sedangkan tanker memiliki bentuk *hull* yang lebih ramping atau *stream line* yang mana cenderung mengecil di ujung depan dan belakang, seperti terlihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Buoyancy of conversion FSO

Gambar 2.4 mengilustrasikan nilai *buoyancy* kapal tanker sangat kecil (mendekati 0) di ujung belakang. Apabila tanker tersebut dikonversi menjadi FSO, maka pada ujung belakang tanker akan mengalami kekurangan gaya angkat. Hal ini sangat beresiko terhadap terjadinya trim yang sangat besar di ujung belakang kapal. Untuk itu perlu ditambahkan beban di ujung depan kapal. Salah satu cara untuk menambah beban di ujung depan kapal adalah

dengan *turred mooring*, sehingga gaya apung di ujung depan kapal dapat berkurang. [Terpstra (2001)].

Tidak hanya itu, perbedaan antara material yang digunakan untuk *new build* FSO juga berbeda dengan material tanker. Tabel 2.6 berikut menunjukkan perbedaan peraturan mengenai material yang diterapkan pada *new build* FSO dan tanker.

Tabel 2.6 Material Designation

Designation	Strength Group	Offshore Rules		Ship Rules	
		σ_{Yield} [N/mm ²]	f_1 [-]	σ_{Yield} [N/mm ²]	f_1 [-]
NV - NS	Normal (NS)	240	1.00	235	1.00
NV-32	High Strength (HS)	315	1.31	315	1.28
NV-36		355	1.48	355	1.34

(Sumber : T. Terpstra, 2001).

Material yang diaplikasikan pada bangunan offshore memiliki *yield stress* yang cenderung lebih besar dibandingkan material kapal, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.6. Jadi apabila pada tanker dilakukan konversi menjadi FSO, maka perlu ditambahkan *stiffener* atau penguatan pada konstruksinya. Hal ini dimaksudkan agar kekuatan material yang disyaratkan oleh *offshore rule* dapat terpenuhi.

2.5.2 Segi Ekonomis

Setelah mengetahui perbandingan FSO hasil konversi dengan FSO bangunan baru dari segi teknis, ada hal lain yang harus diperhatikan juga. Hal lain itu adalah perbandingan dari segi ekonomis. Bagi para *owner* FSO hal ini bisa jadi hal utama yang harus diperhitungkan. Karena besarnya investasi yang dikeluarkan untuk membuat FSO sangat mempengaruhi lama waktu balik modal. Sehingga sangat diperhitungkan, terutama yang berkaitan dengan lama waktu produksi minyak di field tempat operasi FSO nantinya. *Owner* selalu berharap agar produktifitas suatu *field* akan memiliki umur lama, minimal hingga semua biaya baik modal maupun biaya operasional kembali. Ketika semua biaya yang dikeluarkan kembali, selanjutnya *owner* hanya memikirkan keuntungan yang akan ia dapatkan.

Berikut ini adalah perbandingan FSO hasil konversi dengan *new build* dari segi ekonomisnya.

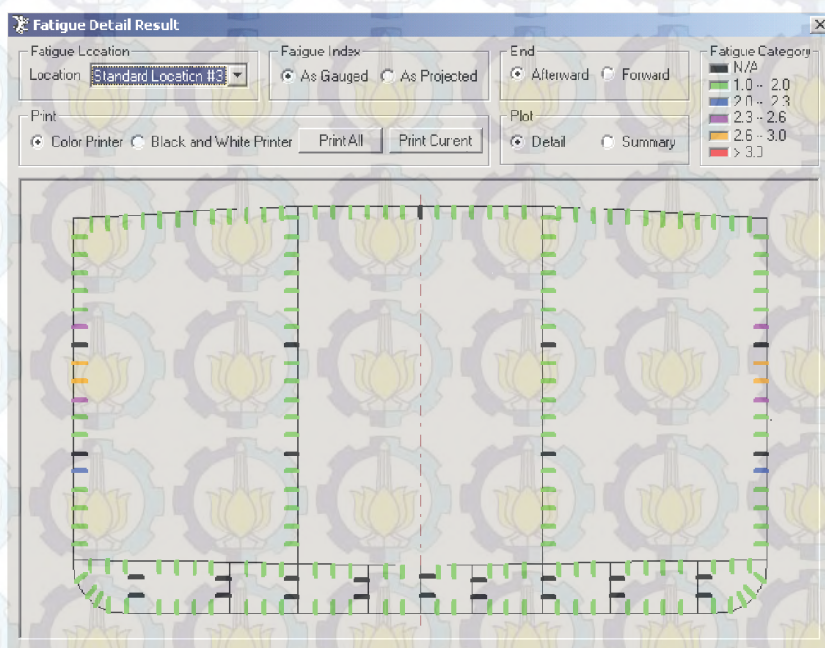
2.6 Condition Assessment Program (CAP)

Saat ini kebanyakan pemilik kargo lebih memilih mengirimkan kargo-kargo mereka dengan menggunakan jasa transportasi laut berupa kapal dari pada menggunakan jasa transportasi darat. Alasan tersebut dilatar belakangi oleh banyaknya kargo yang dikirim, lama perjalanan dan tentunya besarnya biaya pengiriman. Namun proses pemilihan kapal yang akan di-*charter* harus memperhatikan kondisi kekinian kapal. Hal ini dikarenakan kapal-kapal tua dari mungkin kurang menguntungkan dari segi operasional. Sehingga pemilik kargo dan banyak penyewa kapal lebih menyukai kapal-kapal tua dengan kategori CAP 1 atau CAP 2 untuk membawa kargo mereka, sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Garry Kelly (2007). Untuk itulah setiap kapal yang telah dibangun, terutama yang memiliki umur tua, selalu ada penilaian kondisi fisik dan pemeliharaan kapal berdasarkan persyaratan minimum klasifikasi yang dilakukan secara berkala.

Dalam melakukan penilaian, langkah-langkah yang ditempuh antara lain

1. Pemeriksaan data survey oleh class
2. *Fatigue Analysis*

Fatigue analysis dilakukan dengan menggunakan *CSR software* yang dikeluarkan oleh *class* yang bersangkutan. Gambar 2.5 merupakan contoh visualisasi *CSR software* yang digunakan untuk analisa *fatigue*.



Gambar 2.5 *Fatigue analysis software*

Gambar 2.5 adalah contoh hasil analisis *fatigue* dari suatu *software*. Dari hasil tersebut dapat diketahui lokasi-lokasi kritis pada kapal yang disurvei dan komponen yang sudah tidak memenuhi *minimum requirement* dari *class*.

3. *Condition Assessment Survey*
4. *Verification of Gaugings*
5. *Structural Evaluation*
6. Laporan CAP dan penentuan *grade* kapal.

Setelah melakukan berbagai survey, surveyor CAP harus menyusun data hasil survey ke dalam sebuah laporan. Gambar 2.5 berikut adalah contoh laporan dalam bentuk sertifikat *condition assessment* yang dikeluarkan oleh *American Bureau Society*.



ABS Consulting
RISK CONSULTING DIVISION

ABS Consulting Inc.
16955 Northchase Drive
Houston, TX 77060-6008 USA
Tel. (281) 877-0110 / Fax (281) 877-5991

Certificate No. MTS-1041248B1-X Date: 8 April, 2002
Office: Houston

CERTIFICATE OF CONDITION ASSESSMENT

This is to Certify that a condition assessment has been made of the vessel "XXXXX" ABS ID No. XXXXXX at the request of the Owners Representative.

CONDITION ASSESSMENT:

This certification is based on the recent condition assessment survey of the hull and machinery and cargo handling system and equipment Report No. VE7499 dated 18 January 2002 which was performed in accordance with the ABS "Guide for SafeHull Condition Assessment - Tankers," January 1994.

Additionally, the vessel structure was evaluated using the ABS SafeHull Criteria in ABS Rules for Building and Classing Steel Vessels, Part 5/2 "Vessels Intended to Carry Oil in Bulk," and "Guide for Fatigue Strength Assessment of Tankers," as identified in Report No.1042833, dated 28 March 2002.

Based on the condition assessment survey and structural evaluation the vessel has been assigned a Grade of Two (2)

This certificate is only valid for the date of issuance.

The users of this certificate are advised to fully review the reports issued in connection with this certificate for a complete description of any conditions of class or any monitoring requirements or limitations on the vessel's service.

Frank Drake
SafeHull Condition Assessment Coordinator

This certificate is granted or issued subject to the conditions that it is understood and agreed that nothing contained herein shall be deemed to relieve any designer, manufacturer, welder, supplier, repairer or operator of any warranty, express or implied and ABS Consulting Inc. liability shall be limited to the acts and omissions of its employees, agents, and subcontractors. Under no circumstances whatsoever shall ABS Consulting Inc. be liable for any injury or damage to any person or property resulting from or by negligent operation, misuse, or any defect in materials, machinery, equipment or other items other than defects in items actually inspected by ABS Consulting Inc. and ascertainable by normally accepted testing standards, or defects reflected in documents reviewed by ABS Consulting Inc. and ascertainable by normally accepted testing standards, or defects reflected in documents reviewed by ABS Consulting Inc. and which are covered by this certificate or report.

Gambar 2.6 Contoh Sertifikat CAP

Pada Gambar 2.6 menunjukkan bahwa sertifikat CAP berisi tentang kondisi suatu kapal yang telah disurvei menurut standard *class* tertentu. Sertifikat juga disertai jenis kapal yang disurvei, bagian-bagian yang disurvei, foto, dan analisis hasil survei. Pada bagian akhir sertifikat surveyor yang bersangkutan memberikan kesimpulan hasil survey yang menerangkan kategori atau *grade* kapal menurut *rating scale* sebagai berikut,

- Grade/CAP 1 : Very Good
- Grade/CAP 2 : Good
- Grade/CAP 3 : Satisfactory
- Grade/CAP 4 : Unsatisfactory
- Grade/CAP 5 : Not Examined

Dalam menentukan *rating scale*, ada komponen-komponen yang menjadi obyek CAP survey, antara lain

1. Hull Structure
2. Cargo Handling System
3. Equipment
4. Machinery and Plant Operation
5. Spare Parts and Tools
6. Galley and Crew Quarters
7. Safety Equipment

Komponen-komponen di atas harus disurvei oleh dua surveyor CAP yang telah ditunjuk oleh *class* secara bersamaan, namun bersifat *independent* antara satu dengan yang lain.

2.7 Kondisi Lingkungan

Kerusakan kelelahan suatu struktur disebabkan oleh kondisi lingkungan. Kondisi lingkungan yang dimaksud adalah fluktuasi beban yang terjadi selama struktur tersebut beroperasi. Untuk struktur lepas pantai, sumber beban yang paling dominan adalah gelombang. Namun dalam beberapa kasus, sumber beban lain juga perlu dipertimbangkan seperti getaran pada badan kapal, angin, arus serta beban operasi yang berpengaruh sangat signifikan.

Hampir semua *Rules Class* di seluruh dunia menggunakan data gelombang *North Atlantic*. Dan lingkungan *North Atlantic* ini dijadikan sebagai dasar untuk semua jenis kapal

tanker yang mengangkut barang dan beroperasi di berbagai tempat (*ocean-going*) maupun untuk FSO dan FPSO. Namun untuk struktur desain FPSO dan FSO yang akan dioperasikan di perairan Indonesia kurang tepat jika menggunakan data lingkungan *North Atlantic*. Hal ini dikarenakan akan terjadi *over design* yang mana sangat berpengaruh terhadap biaya yang harus dikeluarkan oleh *owner*. Oleh karena itu, data kondisi lingkungan yang digunakan juga harus data kondisi lingkungan setempat. Data kondisi lingkungan yang digunakan dalam perencanaan FPSO atau FSO minimal prediksi lingkungan 25 tahunan.

2.8 Beban

Widodo (2010), dalam penelitiannya menyebutkan bahwa beban yang dapat menyebabkan terjadinya kelelahan pada struktur adalah beban yang bersifat siklik, yaitu :

- Beban siklis frekuensi rendah (*quasi-statis*) yang ditimbulkan oleh eksitasi gelombang dengan jumlah sekitar 10^7 s/d 10^8 kali selama umur operasi struktur (25 tahun)
- Beban siklis frekuensi tinggi (dinamis), yang dapat diklasifikasikan menjadi beban transient (*slamming*, *wave slapping*, *hull whipping*) dan steady (*mesin*, *baling-baling*, *hull springing*) dengan jumlah sekitar 10^6 kali selama umur operasi struktur (25 tahun)
- Beban siklis frekuensi sangat rendah (*statis*) akibat perubahan beban (*logistik*) di atas struktur dan hidrostatik (*pasut*) dengan jumlah sekitar 4000 ~ 8000 kali selama umur operasi struktur (25 tahun).
- Beban siklis karena gradien panas tak beraturan akibat cuaca dan temperatur muatan dengan jumlah sekitar 7000 kali selama umur operasi struktur (25 tahun).

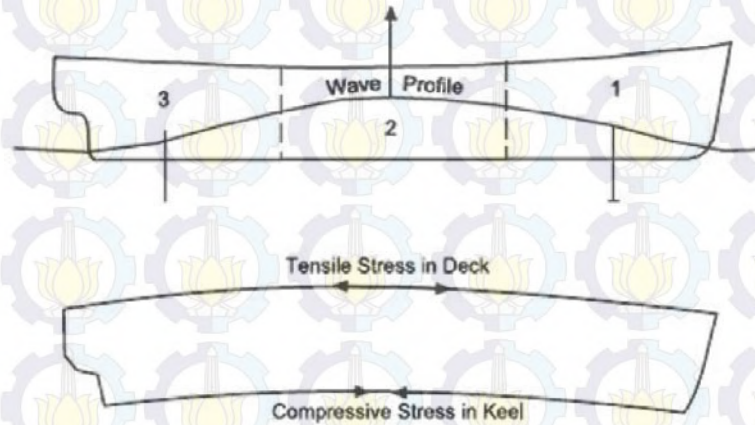
Dalam tesis ini akan divariasikan berbagai kondisi lingkungannya sehingga akan ada variasi pembebanan gelombang yang bekerja pada kapal.

2.9 Efek Deformasi

Efek deformasi *ship shaped structure* akibat beban gelombang yang ditinjau pada penelitian ini bisa dijelaskan dengan baik dengan mengibaratkan sebuah kapal bergerak pada gelombang regular dimana panjang gelombangnya sama dengan panjang kapal. Hal ini menyebabkan *vertical bending moment*. Jika hull diibaratkan sebagai *beam*, maka kondisi yang terjadi adalah :

1. Kondisi Hogging

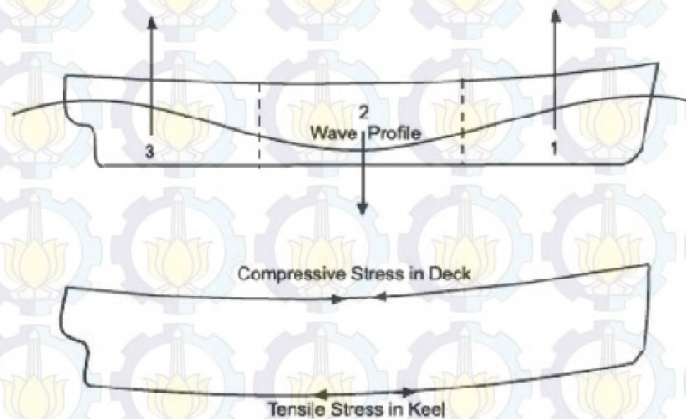
Deformasinya berbentuk cembung. Hull girder disupport pada midship dengan puncak gelombang. Pada kondisi ini, meskipun berat total seimbang dengan buoyancy, terdapat kelebihan buoyancy pada midship dan kelebihan berat pada bow dan stern. Situasi ini menyebabkan kecenderungan ujung kapal bergerak ke arah bawah dan pada bagian midship bergerak ke atas.



Gambar 2.7 Kondisi *Hogging* [Barrass (1999)]

2. Kondisi Sagging

Deformasinya berbentuk cekung. Hull girder disupport pada stern dan bow dengan dua puncak gelombang. Terdapat kelebihan berat pada midship dan kelebihan buoyancy pada bow dan stern. Situasi ini menyebabkan kecenderungan ujung kapal bergerak ke arah atas dan pada bagian midship bergerak ke bawah.



Gambar 2.8 Kondisi *Sagging* [Barrass (1999)]

Berdasarkan aturan *Common Structural Rules*, untuk perhitungan beban struktur akibat gelombang dapat menggunakan persamaan berikut:

a. Vertikal Wave Bending Moment

Vertical bending moment merupakan penyebab beban akibat gelombang yang paling dominan terhadap struktur terapung. Berdasarkan *CSR Chapter 8, Section 9, 9.1* (2010), perhitungan beban gelombang vertikal dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$M_{wv-hog} = f_{prob} 0.19 f_{wv-v} C_{wv} L^2 B C_b [kNm] \quad (2.1)$$

$$M_{wv-sag} = -f_{prob} 0.11 f_{wv-v} C_{wv} L^2 B (C_b + 0.7) [kNm] \quad (2.2)$$

dengan:

f_{wv-v} = factor distribusi untuk *vertical wave bending moment* sepanjang kapal
for *fatigue strength*, ditunjukkan pada Gambar 2.9

0.0 at A.P.

0.1 at 0.1L from A.P.

1.0 for 0.4L to 0.65L from A.P.

0.1 at 0.9L from A.P.

0.0 at F.P.

C_{wv} = Koefisien gelombang :

$$= 10.75 - \left(\frac{300-L}{100} \right)^{\frac{3}{2}} \text{ untuk } 150 \leq L \leq 300$$

$$= 10.75 \text{ untuk } 300 \leq L \leq 350$$

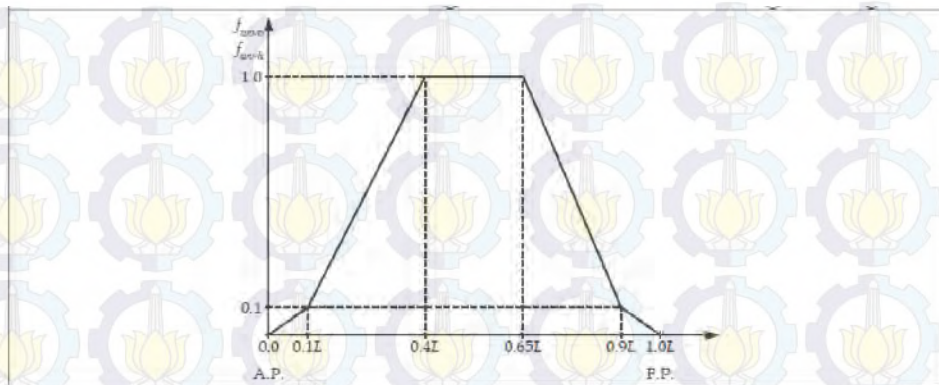
$$= 10.75 - \left(\frac{L-350}{150} \right)^{\frac{3}{2}} \text{ untuk } 350 \leq L \leq 500$$

L = Panjang kapal, m

B = Lebar kapal, m

C_b = Block coefficient

f_{prob} = diambil 0.5



Gambar 2.9 Vertical and Horizontal Wave Bending Moment Distribution for Fatigue Strength

Pseudo amplitude (nilai tengah) dari *vertical bending moment*, $M_{wv-v-amp}$, untuk kondisi *full load* maupun *ballast* dapat digunakan persamaan berikut :

$$M_{wv-v-amp} = 0.5 (M_{wv-hog} - M_{wv-sag}) \quad [kNm] \quad (2.3)$$

dimana :

M_{wv-hog} = hogging vertical wave bending moment [kNm]

M_{wv-sag} = sagging vertical wave bending moment [kNm]

b. Vertikal Wave Shear Force

Sebagaimana dengan vertical bending moment, vertical shear force juga merupakan penyebab utama tegangan geser pada struktur kapal. Berdasarkan *CSR Chapter 8, Section 9, 9.1* (2010), perhitungan beban dapat digunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_{wv-pos} = 0.3 f_{q_{wv-pos}} C_{wv} LB (C_b + 0.7) [kNm] \quad (2.4)$$

$$Q_{wv-neg} = -0.3 f_{q_{wv-neg}} C_{wv} LB (C_b + 0.7) [kNm] \quad (2.5)$$

$F_{q_{wv-pos}}$ = faktor distribusi untuk *positive vertical wave shear force* sepanjang kapal :

0.0 pada AP

$1.59 \frac{C_b}{(C_b+0.7)}$ untuk 0.2L sampai 0.3L dari AP

0.7 untuk 0.4L sampai 0.6L dari AP

1.0 untuk 0.7L sampai 0.85L dari AP

0.0 pada FP

$F_{q_{wv-neg}}$ = faktor distribusi untuk *negative vertical wave shear force* sepanjang kapal :

0.0 pada AP

0.92 untuk 0.2L sampai 0.3L dari AP

0.7 untuk 0.4L sampai 0.6L dari AP

$1.73 \frac{C_b}{(C_b+0.7)}$ untuk 0.7L sampai 0.85L dari AP

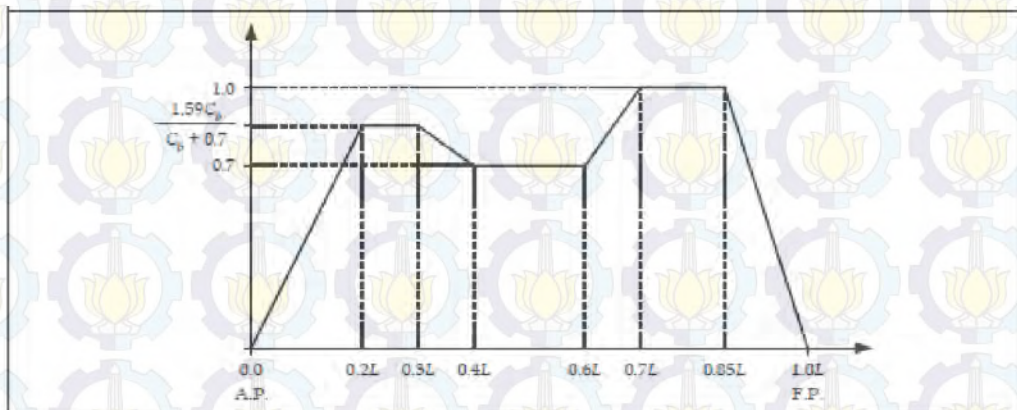
0.0 pada FP

C_{wv} = Koefisien gelombang

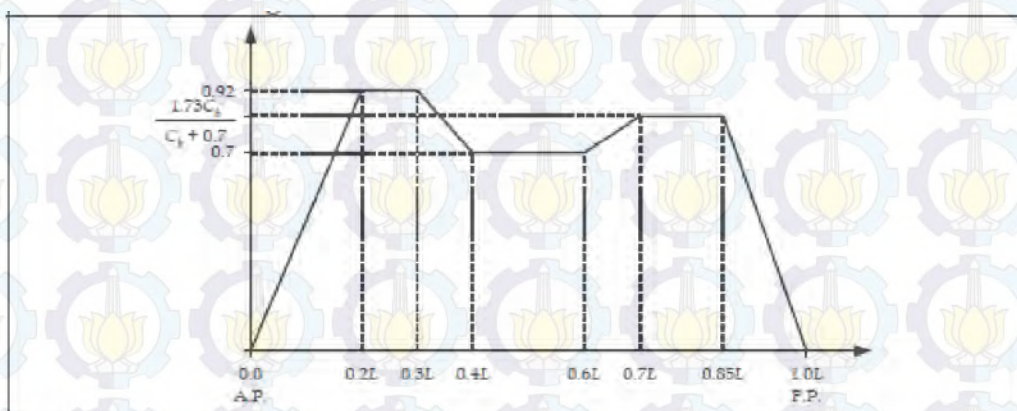
L = Panjang kapal, m

B = Lebar kapal, m

C_b = Block coefficient



Gambar 2.10 Positive Vertical Wave Shear Force Distribution



Gambar 2.11 Negative Vertical Wave Shear Force Distribution

2.10 Analisa Struktur

Menurut Zhao, Bai dan Shin (2001), untuk analisis struktur FPSO dapat menggunakan prosedur umum sebagai berikut :

1. Menetapkan profil dari profil-profil untuk FPSO berdasarkan operasinya yang secara signifikan berpengaruh pada beban geladan dan tangki penyimpanan (*storage*) serta respon gerakan globalnya. Operasi-operasi yang khusus diantaranya adalah operasi normal, kondisi ketahanan terhadap badai, kondisi pembebanan, dan kondisi bongkar-muat.
2. Menentukan serangkaian bentuk pembebanan statis dari deck dan tangki berdasarkan profil layanan utamanya.
3. Menghitung gerakan global FPSO dengan *mooring* dan *riser system* serta gaya hidrodinamik pada setiap *loading condition*.
4. *Loading condition* untuk setiap struktur penguat lambung divariasikan berdasarkan arah, tinggi serta frekuensi terjadinya gelombang. Komponen berikut ini juga harus termasuk :
 - Beban statis pada deck dan tangki dalam
 - Beban statis structural
 - Gaya hidrostatis
 - Gaya hidrodinamik
 - Gaya pemulihan hidrostatis akibat pengaruh gerakan kapal
 - Beban struktur internal dan sloshing tangki internal akibat gerakan kapal
 - Gaya dari *mooring* dan *riser*
 - *Shear forces, bending moment*, dan momen torsi seperti *structural boundary conditions*.

5. Melakukan struktural analisis untuk menghitung RAO dari setiap frekuensi gelombang (ω), arah gelombang (α_k), dan *loading pattern*. Tiap kondisi dari frekuensi (ω), arah (α_k) dan juga *loading pattern* dari gelombang membentuk suatu variasi *loading condition* yang beragam. Metode *finite element* atau *simplified structural analysis* dapat dipakai untuk berbagai tahap analisis. Sebagai contoh, perhitungan dengan menggunakan *vertical bending moment* dan *sectional modulus* dapat menyajikan hasil yang memuaskan. Pada tugas akhir ini tidak dilakukan perhitungan RAO, namun *loading condition* yang digunakan tetap mengacu pada pembebanan gelombang dengan variasi dari arah, frekuensi dan tinggi gelombang serta 3 macam *loading patterns*.

2.11 Kondisi Pembebanan

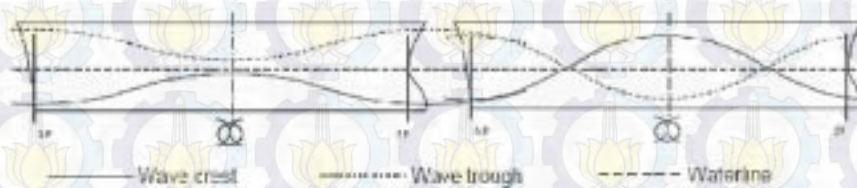
Desain kondisi pembebanan yang akan diaplikasikan untuk analisa *fatigue* pada kapal tanker adalah sebagai berikut : (*CSR Chapter 8, Section 1, 1.3*).

Tabel 2.7 Loading Condition

Jenis Kapal	Full Load Condition		Ballast Condition	
	Homogeneous	Alternate	Normal Ballast	Heavy Ballast
BC-A	✓	✓	✓	✓
BC-B	✓	...	✓	✓
BC-C	✓	...	✓	✓

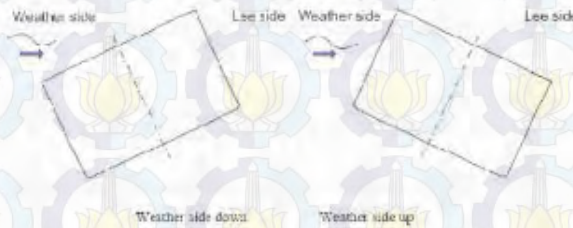
Setiap kondisi pembebanan mempunyai *load case* H, F, R, dan P dijelaskan sebagai berikut,

- “H1” dan “H2” adalah *equivalent design wave* “H” (*Head Sea*)
- “F1” dan “F2” adalah *equivalent design wave* “F” (*Following Sea*)



Gambar 2.12 Definisi gelombang pada kondisi EDW “H” dan “F”

- c. "R1" dan "R2" adalah *equivalent design wave* "R" (*Beam Sea*)
- d. "P1" dan "P2" adalah *equivalent design wave* "P" (*Beam Sea*)



Gambar 2.13 Definisi gelombang pada kondisi EDW "R" dan "P"

Disetiap kondisi pembebanan yaitu homogen (*homogeneous*), alternatif (*alternate*), balas normal (*normal ballast*), dan balas penuh (*heavy ballast*) dipengaruhi oleh ekivalensi desain gelombang atau *equivalent design wave (EDW)* yaitu besarnya harga gaya tekan yang diterima konstruksi kapal (*hull girder*) akibat respon dari gelombang air laut. *Load case* merupakan pendefinisian dari respon *EDW* terhadap lambung kapal dapat dilihat pada Tabel 2.8. Sedangkan definisinya terhadap gerak kapal dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.8 Definisi *load case*

Load case	H1	H2	F1	F2	R1	R2	P1	P2
EDW	"H"		"F"		"R"		"P"	
Heating	Head		Follow		Beam (Port: weather side)		Beam (Port: Weather side)	
Effect	Max bending moment		Max bending momen		Max Roll		Max ext pressure	
	Sagging	Hogging	Sagging	Hogging	+	-	+	-

Tabel 2.9 Hubungan antara gerak kapal dengan beban kapal

Load case	H1	H2	F1	F2	R1	R2	P1	P2
Vert BM & SF		Ya	Ya			-		Ya
Hor BM			-		Ya			-
Heave	turun	naik	-	-	turun	Naik	turun	naik
Pitch	Bow turun	Bow naik						
Roll	-	-	-	-	SB naik	SB turun	SB naik	SB turun
Surge	Belakang	Depan						
Sway							PS	SB

PS : Port Side SB : Star Board

Pembebanan pada lambung kapal (*hull girder*) dan percepatannya terhadap gerak kapal dipengaruhi oleh *load case* H1, H2, F1, F2, R1, R2, P1, dan P2. Oleh karena itu dalam perhitungan perlu dikalikan dengan faktor pengali yang berupa faktor kombinasi beban.

2.12 Kekuatan dan Kelelahan (Fatigue Strength)

2.12.1 Definisi

Kelelahan (*fatigue*) adalah akumulasi kerusakan material yang disebabkan oleh beban siklik. Banyak bagian dari struktur yang harus bertahan dari tegangan yang menyimpannya selama masa operasinya. Contoh dari beban jenis ini pada *marine structure* adalah tegangan yang berhubungan dengan beban akibat gelombang.

Biasanya, amplitudo beban pada tiap *cycle* tidak cukup besar untuk membuat suatu struktur mengalami kegagalan. Namun kegagalan dapat terjadi ketika akumulasi kerusakan yang dialami oleh struktur mencapai suatu level yang kritis. Umur kelelahan suatu detil struktur berhubungan secara langsung dengan proses kelelahan, yang dikelompokkan menjadi 3 tahap sebagai berikut :

- *Initial Crack*

Hal ini bergantung pada karakteristik material. Untuk kondisi tertentu cacat las selalu muncul internal (di dalam *base metal* atau *filler metal*) maupun di permukaan las. Cacat las ini dapat memicu retak untuk merambat, dan kebanyakan muncul dari permukaan las.

- *Crack propagation* (perambatan retak)

Dibandingkan dengan *initial crack*, tahap perambatan retak ini lebih mudah dipahami dan ada teori yang dapat dijadikan sebagai acuan untuk memodelkan pertumbuhan retak (*crack growth*) ini yaitu *fracture mechanics* (mekanika kepecahan). Parameter utama yang mengatur perambatan retak ini adalah rentang tegangan pada detil struktur yang dianalisis. Di samping itu, bentuk geometry dari las-lasan serta ukuran dari *initial crack* berdampak besar pada umur kelelahan dari detil struktur. Pada struktur las-lasan, *fatigue cracks* hamper selalu berawal dari cacat las dan periode perambatan retaknya dihitung untuk lebih dari 90% dari umur kelelahan.

- *Final fracture failure*

Kegagalan karena kepecahan suatu detil struktur akan terjadi ketika ukuran retak merambat hingga ke ukuran yang kritis. Kepecahan final bergantung pada beberapa parameter seperti tingkat tegangan, ukuran retak dan juga kekerasan material.

Fatigue dapat dibagi menjadi :

- *High-cycle (low stress) fatigue*
- *Low-cycle (high stress) fatigue*

Suatu kegagalan kelelahan (*fatigue failure*) disebut sebagai "*low-cycle fatigue*" jika jumlah kejadian untuk menuju ke kegagalan struktur adalah kurang dari 10^4 . Sedangkan jumlah kejadian dari "*high-cycle fatigue*" biasanya mencapai jutaan kali kejadian, bahkan lebih. Untuk struktur bangunan laut, hal ini telah menjadi perhatian khusus.

2.12.2 *Prosedur perhitungan kelelahan*

Secara umum, ada dua metode yang dapat digunakan untuk analisis kelelahan, yaitu pendekatan kurva S-N (*S-N curve approach*) yang dibuat berdasarkan tes kelelahan, dan pendekatan mekanika kepecahan (*fracture mechanics approach*). Untuk tujuan desain kelelahan, pendekatan kurva S-N lebih banyak digunakan dan dianggap sebagai metode yang paling cocok. Sedangkan metode mekanika kepecahan digunakan untuk menentukan ukuran cacat yang dapat diterima, menaksir perambatan retak kelelahan, merencanakan inspeksi dan strategi untuk memperbaikinya, dan lain-lain. Untuk menghitung kerusakan yang ditimbulkan oleh kelelahan (*fatigue damage*),

(Wirsching, 1983) mengklasifikasikan beberapa metode dasar, yaitu :

a. *Metode Deterministik*

Metode ini biasa digunakan oleh Lloyd's Register. Pada metode ini *fatigue damage* dihitung dengan menggunakan *wave exceedance diagram*.

b. *Metode Distribusi Gelombang*

Metode ini mengasumsikan bahwa tegangan yang terjadi proporsional terhadap tinggi gelombang dan gelombang dideskripsikan dengan distribusi lognormal, Weibull, dan lain-lain.

c. *Metode Distribusi Rentang Tegangan*

Metode ini secara teoritis memodelkan rentang tegangan sebagai distribusi Weibull yang biasanya diperoleh dari metode spektral, metode distribusi gelombang, dan lain-lain.

d. Metode Spektral

Metode ini biasa disebut dengan metode probabilistik. Pada metode ini fatigue damagediperhitungkan dari tiap seastate dalam scatter diagram dan tegangan dianggap sebagaisuatu proses acak yang seimbang (stationary random process).

e. Metode *Equivalent* Weibull

Metode ini biasa digunakan oleh DnV, yang menggunakan analisis spektral untuk kemudian mendapatkan distribusi rentang tegangan kurun waktu panjang yang ekuivalendengan distribusi Weibull.

Perhitungan kelelahan harus dilakukan pada setiap lokasi yang berpotensi terjadi keretakan. Menurut *Common Structural Rules for Double Hull Oil Tanker (2010)*, lokasi yang harus ditinjau untuk dilakukan analisis kelelahan dapat dikelompokkan menjadi dua bagian :

- *Longitudinal structure*

Penaksiran kekuatan kelelahan harus dilakukan pada akhir sambungan antara penegar memanjang / pembujur (*longitudinal stiffeners*) dengan sekat melintang, termasuk *wash bulkhead* dan gading besar pada daerah ruang muat, yang terletak pada alas, *inner bottom*, sisi, sekat memanjang dan geladak kekuatan.

- *Transverse structure*

Penaksiran kekuatan kelelahan juga harus dilakukan pada akhir sambungan antara *inner bottom plate* dengan *hopper plate* paling tidak pada satu gading di daerah *midship*. Total rentang tegangan untuk *fatigue assessment* ditentukan dari rumus yang telah disediakan oleh ABS, sebagai berikut.

$$f_R = k_p c_f (f_{RG} + f_{RL}) \quad \text{N/cm}^2 \text{ (kgf/cm}^2, \text{ lbf/in}^2\text{)}$$

dimana,

f_{RG} = *global dynamic stress range* (N/cm²)

f_{RL} = *local dynamic stress range* (N/cm²)

k_p = *load factor for adjusting the probability of exceedance*

= 0.5

C_f = *adjustment factor to reflect a mean wasted condition*

= 0.95

2.12.3 Beban dan Tegangan Kelelahan

Struktur bangunan apung mendapat beban yang beragam selama masa operasinya. Seperti dijelaskan sebelumnya, beban-beban tersebut diantaranya adalah *functional loads*, *dead loads*, *live loads*, *environmental loads*, *sea loads* (gelombang dan arus), *wind loads*, *seismic loads* dan *Accidental loads*. Semua beban tadi yang besar dan arahnya beragam akan menyebabkan timbulnya tegangan yang bervariasi pada struktur, yang akan mengarah pada kerusakan karena kelelahan. Beban hidrostatis (*live loads*) dan beban lingkungan adalah bagian terpenting dalam bahasan ini. Beban lingkungan mendominasi pada bagian utama pada *marine structure*. Gelombang dan arus dianggap sebagai beban lingkungan yang paling berperan pada *marine structure*.

Beban kelelahan adalah salah satu parameter kunci dalam analisis *fatigue*. Hal yang dimaksud adalah beban jangka panjang selama proses kerusakan akibat kelelahan terjadi. Beragam studi telah dilakukan untuk meneliti beban kelelahan pada *marine structure*, untuk melihat karakteristik lingkungan laut, respon struktural, dan deskripsi secara statistik. Melalui penelitian dan percobaan *ABS* memberikan rumus perhitungan beban lingkungan yang berdasarkan pada besarnya *significant wave height* yang terjadi pada *sea state* yang telah dipilih.

$$\beta = \frac{L_s}{L_u}$$

dimana,

L_s = most probable extreme value based on the intended site (100 years return period), transit (10 years return period), repair/inspection (1 year return period) and fatigue (20 years return period) environments for the dynamic load parameters.

L_u = most probable extreme value based on the North Atlantic environment for the dynamic load parameters

2.12.3.1 Beban Kelelahan

Untuk kapal yang berlayar lintas samudera, dua *sea-state* dasar yang harus dipertimbangkan dalam menentukan beban bending global (*global bending loads*) dan tekanan local (*local pressure*) adalah *head sea condition* dan *oblique sea condition*. Akumulasi kerusakan kelelahan harus dihitung untuk kondisi muatan penuh dan ballast.

Probabilitas dari tiap kondisi ditentukan oleh aturan *Class* menurut type kapal seperti yang ditunjukkan pada table di bawah ini :

Tabel 2.10 Presentase Fatigue Loading Condition (IACS, 1999)

	Full Load, α	Ballast, β
Oil tankers, liquefied gas carriers	50%	50%
Bulk carriers	60%	40%
Container ship, cargo ships	75%	25%

Namun untuk FPSO, *loading condition* yang digunakan tidak cukup hanya dengan kondisi muatan penuh dan ballast saja. Bamford (2007) menyebutkan bahwa *loading condition* pada analisis truktur FPSO harus ditambahkan minimal satu *loading condition* di antara kondisi muatan penuh dan ballast. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini ditambahkan satu *loading condition* lagi yaitu kondisi setengah muatan (*50% load*).

Tabel 2.11 Presentase Fatigue Loading Condition FPSO (Oh, 2003)

Loading condition	Probability [%]
Ballast	25
Fully loaded	25
Intermediate [50% load]	50

Kondisi pembebanan dibuat bervariasi karena selama operasi FSO mengalami perubahan beban muatan setiap saat. Sesuai dengan peraturan yang dijelaskan pada Tabel 2.11, maka pada tesis ini kami mengaplikasikan tiga kondisi pembebanan. Kondisi pembebanan yang pertama adalah *full loaded*, dimana pada kondisi ini tanker terisi muatan 100%. Kondisi yang kedua adalah *ballast*, yang mana pada kondisi ini tidak ada muatan pada tangki ruang muat, namun tangki ballast terisi penuh. Kondisi pembebanan yang ketiga adalah kondisi *intermediate*, dimana dalam hal ini kami membagi kondisi ini ke dalam dua pembebanan, yakni 60% full load dan 40% full load. Justifikasi yang dilakukan di pembebanan *intermediate* berdasarkan pada *record data* yang terjadi pada FSO Cinta Natomas yang dioperasikan oleh Pertamina Petrochina East Java (PPEJ) bahwa rata-rata muatan yang sering terjadi adalah pada saat 60% full load dan 40% full load.

Dua *sea-state* dasar menjadi pertimbangan dalam menentukan *global bending loads* dan *local pressure*, yaitu *head sea condition* dan *oblique sea condition*. *Sea-state* dasar ini mengkombinasikan berbagai efek dinamis dari lingkungan pada struktur lambung kapal. Komponen beban untuk *sea-state* tersebut bergantung pada aturan *class* kapal yang dipakai. Sebagai contoh, BV (1998) mendefinisikan lebih jauh beban dari *hull girder* dan beban lokal (*pressure & internal loads*) untuk empat kasus seperti pada table di bawah.

Tabel 2.12 *Load Cases* (BV, 1998)

	Head-Sea Condition, α	Oblique-Sea Condition, β
Static sea pressure associated to maximum and minimum inertia cargo or blast loads	Case 11, Amax= -0.45, Amin= 0.45, B= 0	Case 21, Amax= -0.30, Amin= 0.30, B= 0.45
Maximum (ship on crest of wave) and minimum (ship on trough of wave) wave-induced sea pressure associated to static internal cargo or ballast loads	Case 12, Amax= 0.625, Amin= -0.625, B= 0.45	Case 22, Amax= -0.30sgnII(Z-N), Amin= 0.30sgn(z-N), B= -0.625

Beban global meliputi *still water bending moment* M_{sw} untuk *loading condition* yang digunakan dan *vertical wave bending moment*. *Vertical bending stress* σ_L didefinisikan sebagai berikut :

- Pada kondisi *sagging* untuk muatan internal maksimum atau kondisi ballast :

$$\sigma_L = (M_{sw} + A_{max}(M_{wv})_s) \frac{z - N}{I_v} + B M_{wh} \frac{y}{I_h} \quad (2.6)$$

- Pada kondisi *hogging* untuk muatan internal maksimum atau kondisi ballast :

$$\sigma_L = (M_{sw} + A_{max}(M_{wv})_H) \frac{z - N}{I_v} + B M_{wh} \frac{y}{I_h} \quad (2.7)$$

dimana :

I_v dan I_H : momen inersia dari suatu *cross-section* masing-masing pada horizontal neutral axis dan vertical neutral axis

N dan z: jarak vertical dari garis keel ke neutral axis, dan dari garis keel ke pusat beban

y: jarak horizontal dari pusat beban ke *centerline*

$(M_{wvi})_S$ dan $(M_{wvi})_H$: *vertical wave bending moment* untuk kondisi *sagging* dan *hogging*, berdasarkan persyaratan IACS.

A_{max} , A_{min} dan B: koefisien pada tabel 5.

Menurut Bai (2003), beban lokal meliputi tekanan laut statis dan beban muatan internal atau ballast. Rentang tegangan (*stress range*) untuk kondisi muatan penuh dapat diestimasi sebagai berikut :

$$S_{ij} = \left| (\sigma_{ij})_{max} - (\sigma_{ij})_{min} \right| \quad (2.8)$$

Rentang tegangan untuk kondisi ballast dan setengah muatan, pada prinsipnya sama dengan kondisi muatan penuh :

$$S_{ij} = \left| (\sigma_{ij})_{max} - (\sigma_{ij})_{min} \right| \quad (2.9)$$

Long-term distribution untuk rentang tegangan dari *hull girder* direpresentasikan oleh distribusi Weibull dengan dua parameter. Saat analisis kondisi kapal dalam jangka panjang dilakukan (*long-term analysis*) dan distribusi jangka panjang dari *hull girder bending stress* dapat ditentukan, maka parameter bentuk ξ dapat ditentukan sebagai berikut (BV, 1998) :

$$\xi = 0.47 / \ln \left(\frac{\sigma_{10^{-8}}}{\sigma_{10^{-5}}} \right) \quad (2.12)$$

dimana $\sigma_{10^{-8}}$ dan $\sigma_{10^{-5}}$ adalah *extreme hull girder bending stress* untuk probabilitas kejadian 10^{-8} dan 10^{-5} . Namun jika tidak dilakukan *direct analysis* untuk kondisi kapal di laut, perkiraan pertama dari bentuk parameter ξ dapat diambil dari IACS (1999) sebagai berikut :

$$\xi = 1.1 - 0.35 \frac{L - 100}{300} \quad (2.10)$$

dimana L : panjang kapal [m]

Menurut Paik dan Thayamballi (2007), dalam penaksiran *fatigue damage* suatu sambungan las struktur, poin utama yang perlu diperhatikan adalah rentang siklus tegangan maksimum dan minimum dengan tegangan rata-rata, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.14. Ketika tegangan maksimum dan minimum dinyatakan dalam σ_{max} dan σ_{min} , tegangan rata-rata (*mean stress*) dinyatakan sebagai berikut :

$$\sigma_{mean} = \frac{(\sigma_{max} + \sigma_{min})}{2} \quad (2.11)$$

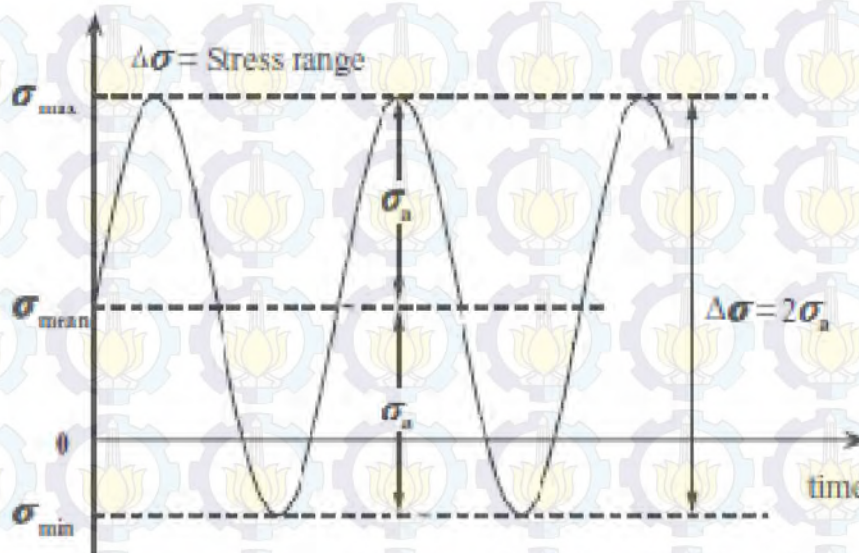
Dan rasio tegangan (*loading*) dinyatakan dalam :

$$R = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}} \quad (2.12)$$

Dan rentang tegangan (*stress range*) dinyatakan sebagai berikut :

$$\Delta\sigma = \sigma_{max} - \sigma_{min} = 2\sigma_a \quad (2.13)$$

Dimana σ_a disebut dengan “*stress amplitude*”



Gambar 2.14 Rentang siklus tegangan lawan waktu

2.12.3.2 Fatigue Stress

Ada tiga pendekatan untuk memperkirakan *long-term fatigue stress* :

- *Long-term fatigue stress* berdasar pada distribusi *Weibull*

- *Long-term fatigue stress* berdasar pada pendekatan deterministic
- *Long-term fatigue stress* berdasar pada pendekatan stokastik

a) *Long-term fatigue stress* berdasar pada distribusi *Weibull*

Fungsi probabilitas *Weibull* untuk *Long-term fatigue stress*, S adalah sebagai berikut :

$$f(S) = \frac{\xi}{A} \left(\frac{S}{A}\right)^{\xi-1} \exp\left[-\left(\frac{S}{A}\right)^\xi\right] \quad (2.14)$$

Dimana A adalah parameter skala, dan ξ adalah parameter bentuk yang merupakan fungsi dari type struktur dan lokasinya, seperti terlihat di tabel dibawah ini untuk nilai dari parameter bentuk ξ .

Tabel 2.13 Nilai Parameter Bentuk Weibull untuk *Simplified Fatigue Assessment*

	Typical values for shape parameter ξ
Fast cargo ships	$\xi > 1$, maybe as high as 1.3 or a little more
Slower ships in equatorial waters	$\xi < 1$, and perhaps as low as 0.7
Gulf of Mexico fixed platforms	$\xi \approx 0.7$
North sea fixed platforms	$\xi > 1$, maybe as high as 1.4 if the platform is slender and dynamically active

Parameter bentuk weibull umumnya bergantung pada kategori beban yang berperan pada kejadian dari tegangan siklik.

Selanjutnya fungsi distribusi *Weibull* adalah :

$$f(S) = \int_0^S f(S) dS = 1 - \exp\left[-\left(\frac{S}{A}\right)^\xi\right] \quad (2.15)$$

Probabilitas terjadinya tegangan dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$p = 1 - \int_0^S f(S) dS = 1 - \exp \left[- \left(\frac{S}{A} \right)^\xi \right] \quad (2.16)$$

Jika S_0 adalah tegangan ekstrim yang diharapkan terjadi sekali semasa hidupnya dari pertemuan gelombang N_0 (atau pengembalian tegangan), maka persamaannya akan menjadi :

$$p(S_0) = \exp \left[- \left(\frac{S_0}{A} \right)^\xi \right] = \frac{1}{N_0} \quad (2.17)$$

Dari persamaan di atas, kita akan mendapat (*Almar-Naess, 1985*) :

$$A = S_0 (\ln N_0)^{-1/\xi} \quad (2.18)$$

Kasus khusus untuk $\xi = 1$ dikenal sebagai distribusi eksponensial dimana $\log(n)$ merupakan gambaran dari tegangan yang terjadi dalam garis lurus. Jika persamaan (2.18) disubstitusikan ke persamaan (2.17) maka akan didapat :

$$p = \exp \left[- (\ln N_0) \left(\frac{S}{A} \right)^\xi \right] = \frac{1}{N} \quad (2.19)$$

Dari persamaan (2.19), akan didapat :

$$S = S_0 \left[\frac{\log N}{\log N_0} \right]^{1/\xi} \quad (2.20)$$

b) *Long-term fatigue stress* berdasar pada pendekatan deterministik

Metode ini berdasar pada perhitungan deterministik dari gaya gelombang dan tahapan-tahapannya adalah sebagai berikut :

1. Pemilihan arah gelombang utama

Empat sampai delapan arah gelombang utama harus dipilih untuk analisis ini.

Pemilihan arah gelombang utama harus berdasarkan arah yang menyebabkan

tegangan tinggi pada bagian struktur yang dianggap penting. Semua gelombang didistribusikan ke arah utama.

2. Pembentukan distribusi gelombang jangka panjang

Untuk setiap arah gelombang yang dipilih, dilakukan distribusi tinggi gelombang jangka panjang dari serangkaian gelombang regular, yang cukup menjabarkan arah dari distribusi gelombang jangka panjang. Rentang tinggi gelombang yang memberikan kontribusi yang paling tinggi untuk kerusakan akibat kelelahan, harus diberi perhatian khusus. Periode dengan kemungkinan terbanyak dapat diambil sebagai periode gelombang.

3. Perkiraan rentang tegangan

Untuk tiap gelombang yang diidentifikasi (arah, tinggi dan periode), rentang tegangannya diprediksi menggunakan metode deterministik untuk beban hidrodinamik dan respon struktural.

4. Pemilihan distribusi tegangan

long-term stress exceedance Diagram dari sebuah *wave exceedance diagram* diilustrasikan pada gambar dibawah ini, dimana $\Delta\sigma_i$ dan H_i menunjukkan beban hidrodinamik dan respon struktural.

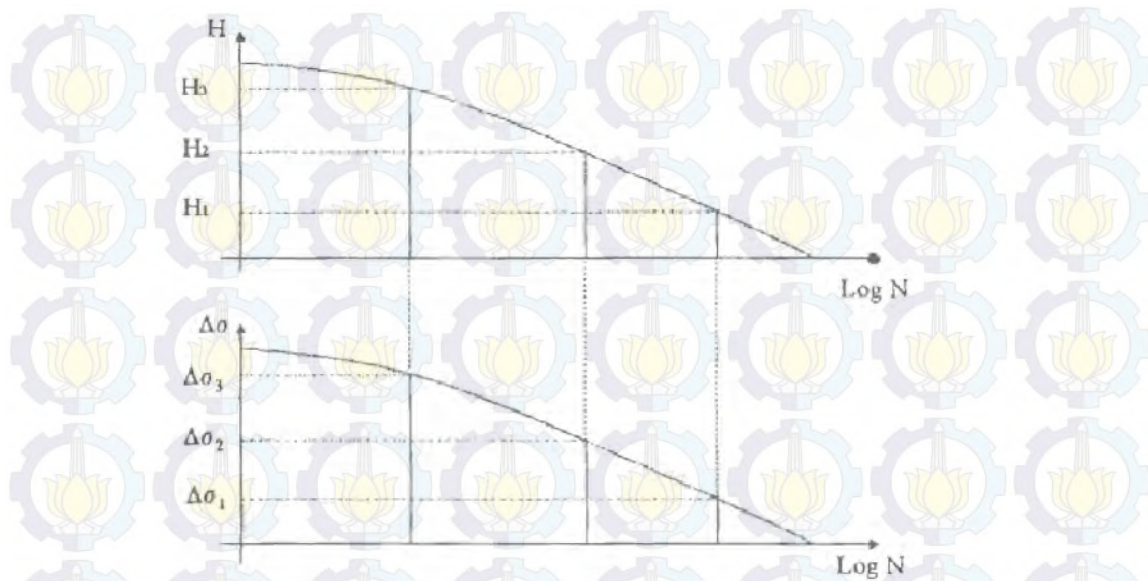
Simplified fatigue analysis telah diatur dalam API 2A-WSD (2001) dengan asumsi hubungan antara rentang tegangan S dan tinggi gelombang H diperoleh berdasarkan pendekatan deterministik seperti yang telah dijelaskan di atas :

$$\Delta\sigma = CH^g \quad (2.21)$$

Dimana C adalah konstanta yang dikalibrasi dan g adalah eksponen yang dikalibrasi. Distribusi tinggi gelombang jangka panjang digambarkan dengan jumlah dari dua distribusi *Weibull* : satu untuk kondisi normal H_0 , dan yang lainnya untuk kondisi badai H_1 :

$$\Delta\sigma = CH_0^g \quad (2.22)$$

$$\Delta\sigma = CH_1^g \quad (2.23)$$



Gambar 2.15 *Stress Distribution Illustration*

2.12.4 *Desain Kurva S-N*

Telah dijelaskan sebelumnya bahwa hubungan antara rentang tegangan dan jumlah kejadian (*cycle*) untuk mengalami kegagalan struktur adalah fungsi dari tipe sambungan, lingkungan dan ketebalan pelat.

Untuk analisis kelelahan berdasarkan pendekatan tegangan nominal (*nominal stress approach*), sambungan lasan dibagi menjadi beberapa klas. Tiap klas memiliki desain kurva S-N masing-masing. Klasifikasi kurva S-N bergantung pada geometri detil sambungan las, arah dari fluktuasi tegangan yang bersifat relative bergantung pada detil, dan metode fabrikasi dan inspeksi dari detil sambungan tersebut. Tipe sambungan termasuk pelat dengan pelat, pipa dengan pelat, dan sambungan pipa dengan pipa memiliki klasifikasi tipe alphabet, dimana tiap tipe berhubungan dengan kurva S-N yang dibuat berdasarkan uji coba kelelahan. Kurva S-N didesain berdasar pada kurva rata-rata-minus-dua-standart-deviasi untuk data uji coba yang relevan.

Sebagai contoh, aturan Norwegia dan British mereferensikan kurva D untuk sambungan pelat sederhana dengan *transverse load* ke arah sambungan dan kurva T untuk penguat pipa ke pangkal sambungan. Di aturan Amerika, kelelahan kurang diperhatikan, sehingga jumlah klas sambungan lebih sedikit disbanding dengan yang direkomendasikan oleh aturan Eropa.

Tiap detil konstruksi, dimana berpotensi terjadi *fatigue crack*, harus ditempatkan pada klas sambungan yang tepat berdasarkan criteria yang telah disebutkan dalam *codes*. *Fatigue cracks* dapat terjadi pada beberapa lokasi seperti pada kaki las di tiap sambungan las, di akhir lasan, dan pada las-lasan itu sendiri. Tiap lokasi harus diklaskan secara terpisah.

Basic design dari kurva S-N dinyatakan sebagai berikut :

$$\log N = \log K - m \log S \quad (2.24)$$

dimana :

S= Rentang tegangan

N= Nilai prediksi dari *cycles* untuk gagal pada rentang tegangan S

m= Slope inverse negative dari kurva S-N

$\log K$ = intersep dari $\log N$ -axis pada kurva S-N = $\log a - 2std$

a dan std adalah konstan berhubungan dengan rata-rata kurva S-N dan standart deviasi dari $\log N$.

Menurut *Common Structural Rules for Double Hull Oil Tanker (2010)*, kekuatan sambungan baja lasan sehubungan dengan kekuatan kelelahan dicirikan dengan kurva S-N, yang memberikan hubungan antara rentang tegangan yang terjadi pada suatu detil struktur dan jumlah siklus beban amplitudo konstan untuk kegagalan.

Untuk detil struktur kapal, kurva S-N digambarkan dengan :

$$S^m \cdot N = K_2 \quad (2.25)$$

dimana :

S= Rentang tegangan, [N/mm²]

N= Perkiraan jumlah siklus untuk kegagalan dibawah rentang tegangan S

m= Konstanta yg bergantung pada jenis material dan las-lasan,

jenis pembebanan, konfigurasi geometris dan kondisi lingkungan
(udara atau air laut)

K_2 = Konstanta yg bergantung pada jenis material dan las-lasan,

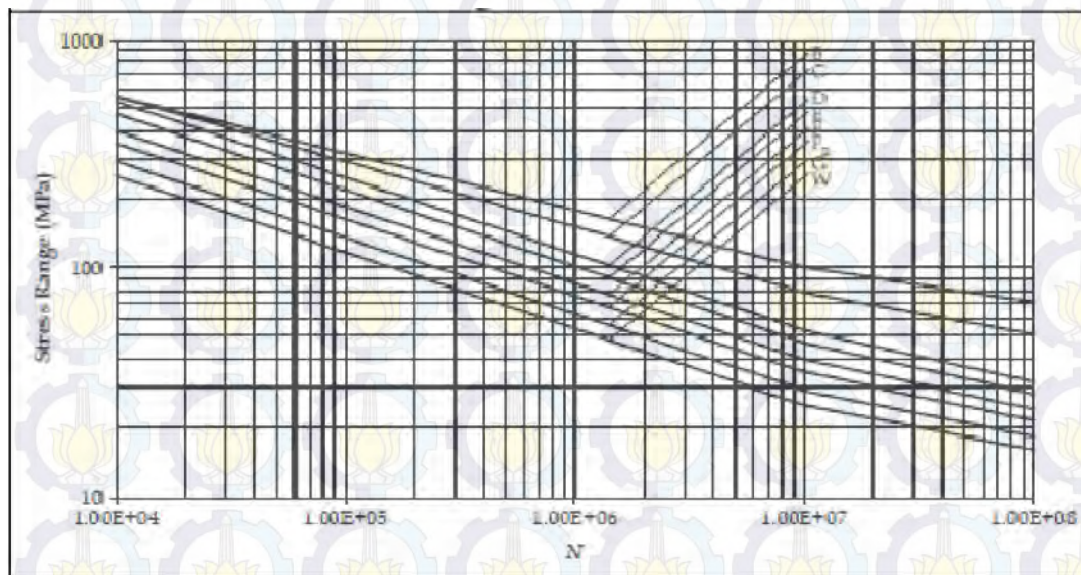
jenis pembebanan, konfigurasi geometris dan kondisi lingkungan
(udara atau air laut)

Nilai K_2 dan m dapat dilihat pada Tabel 2.14berikut ini. Nilai K_2 dan m berbeda untuk tiap-tiap jenis tipe sambungan.

Tabel 2.14 Tipe Sambungan (CSR for Double Hull Oil Tanker, 2010)

Class	K_1			m	Standard Deviation		K_2	S_f N/mm ²
		\log_{10}	\log_e		\log_{10}	\log_e		
B	2.343 E15	15.3697	35.3900	4.0	0.1821	0.4194	1.01E15	100.2
C	1.082 E14	14.0842	32.3153	3.5	0.2041	0.4700	4.23E13	78.2
D	3.988 E12	12.6007	29.0144	3.0	0.2095	0.4824	1.52E12	53.4
E	3.289 E12	12.5169	28.8216	3.0	0.2509	0.5777	1.04E12	47.0
F	1.726 E12	12.2370	28.1770	3.0	0.2183	0.5027	0.63E12	39.8
F ₂	1.231 E12	12.0900	27.8387	3.0	0.2279	0.5248	0.43E12	35.0
G	0.566E12	11.7525	27.0614	3.0	0.1793	0.4129	0.25E12	29.2
W	0.368 E12	11.5662	26.6324	3.0	0.1846	0.4251	0.16E12	25.2

Bentuk kurva S-N pada Gambar 2.16 adalah untuk sambungan las. Kurva S-N merepresentasikan batas bawah dari sebaran data sebesar 95% dari semua hasil uji yang dilakukan.



Gambar 2.16 Kurva S-N untuk sambungan las (CSR for Double Hull Oil Tanker, 2010)

Klas untuk sambungan las yang cocok dengan detail sambungan dari struktur kapal kebanyakan adalah klas F dan F₂. Sambungan las *fillet* termasuk ke dalam klas F, F₂, atau G tergantung dari ukuran orientasi dan lokasi las-lasan. Saat ini sudah tersedia *electrodes* yang dibuat secara spesifik untuk akar las agar mendapatkan hasil dengan kualitas las satu sisi yang lebih baik (tanpa *backing*). Menurut Bai (2003) dengan meningkatnya kualitas hasil lasan ini, sambungan tersebut dapat dikategorikan ke dalam klas F₂ jika dilakukan dengan penetrasi penuh.

Hal ini diperkuat dengan klasifikasi sambungan las yang ditetapkan oleh *Common Structural Rules for Double Hull Oil Tanker* (2010) seperti pada tabel dalam bab Lampiran.

2.12.5 Faktor Konsentrasi Tegangan (*Stress Concentration Factor*)

Adalah faktor konsentrasi tegangan yang terjadi pada detil struktur akibat adanya diskontinuitas seperti lubang atau retakan.

Tujuan dari analisis tegangan adalah untuk menghitung tegangan pada kaki las (*hot spot*), $\sigma_{hotspot}$. *Stress concentration factor* karena efek geometri dinyatakan sebagai berikut :

$$SCF = \frac{\sigma_{hotspot}}{\sigma_{nominal}} \quad (2.26)$$

Dari penjelasan di atas dapat dinyatakan bahwa *stress concentration factor* adalah rasio perbandingan antara rentang tegangan *hotspot* dengan rentang tegangan nominal. Semua tegangan yang naik harus diperhatikan saat mengevaluasi *stress concentration factor* (SCF). Hasil akhir dari persamaan SCF adalah :

$$SCF = SCF_g \cdot SCF_w \cdot SCF_{te} \cdot SCF_{ta} \cdot SCF_n \quad (2.27)$$

dimana :

SCF_g = Faktor konsentrasi tegangan akibat bentuk kasar dari detil struktur

SCF_w = Faktor konsentrasi tegangan akibat bentuk las-lasan

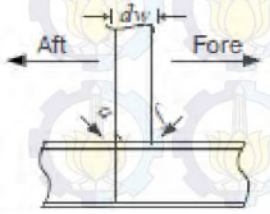
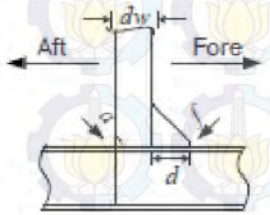
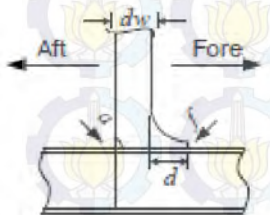
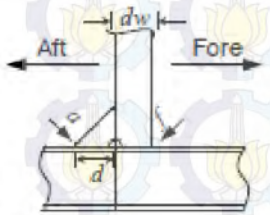

SCF_{te} = Faktor konsentrasi tegangan tambahan karena toleransi keanehan bentuk (biasanya digunakan hanya untuk sambungan pelat)

SCF_{ta} = Faktor konsentrasi tegangan tambahan karena ketidaktepatan sudut (biasanya digunakan hanya untuk sambungan pelat)





SCF_n = Faktor konsentrasi tegangan tambahan untuk penguat yang tidak simetris pada panel yang mendapat beban dari samping, dapat dipakai saat tegangan nominal didapat dari analisis balok sederhana (*simple beam analysis*).

Common Structural Rules for Double Hull Oil Tanker (2010) telah membuat tabulasi untuk menentukan faktor konsentrasi tegangan pada sambungan *stiffeners*, seperti tampak pada Tabel 2.15:

Tabel 2.15 Faktor konsentrasi tegangan untuk sambungan pada akhir stiffeners

Structural type	Assessed point	Collar plate	Bracket size	Stress concentration factors			
				K_{gt}	K_{gt}	K_{df}	K_{dt}
	a	watertight	----	1.5	1.1	1.15	1.5
		non-watertight	----	1.65	1.1	----	----
	f	watertight	----	1.1	1.05	1.55	1.05
	a	watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.45	1.1	1.15	1.4
		watertight	$1.5dw \leq d$	1.4	1.05	1.15	1.35
	f	watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.1	1.05	1.15	1.1
		watertight	$1.5dw \leq d$	1.05	1.05	1.1	1.05
	a	watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.4	1.1	1.1	1.35
		watertight	$1.5dw \leq d$	1.35	1.05	1.05	1.3
	f	watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.05	1.05	1.1	1.05
		watertight	$1.5dw \leq d$	1.05	1.05	1.05	1.05
	a	watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.1	1.05	1.05	1.25
		watertight	$1.5dw \leq d$	1.05	1.05	1.05	1.2
	f	watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.3	1.1	1.35	1.05
		watertight	$1.5dw \leq d$	1.3	1.05	1.3	1.05
	a	watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.1	1.05	1.05	1.2
		watertight	$1.5dw \leq d$	1.05	1.05	1.05	1.15
	f	watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.3	1.1	1.55	1.1
		watertight	$1.5dw \leq d$	1.3	1.05	1.5	1.05
f	non-watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.35	1.1	----	----	
	non-watertight	$1.5dw \leq d$	1.35	1.05	----	----	

Structural type	Assessed point	Collar plate	Bracket size	Stress concentration factors			
				K_{gt}	K_{gh}	K_{IF}	K_{dt}
	a	watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.1	1.05	1.05	1.1
			$1.5dw \leq d$	1.05	1.05	1.05	1.05
	f	watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.05	1.05	1.1	1.05
			$1.5dw \leq d$	1.05	1.05	1.05	1.05
	a	non-watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.15	1.05	-----	-----
			$1.5dw \leq d$	1.1	1.05	-----	-----
	f	watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.05	1.05	1.05	1.05
			$1.5dw \leq d$	1.05	1.05	1.05	1.05
	a	non-watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.1	1.1	-----	-----
			$1.5dw \leq d$	1.05	1.05	-----	-----
	f	watertight	$dw \leq d < 1.5dw$	1.05	1.05	1.1	1.05
			$1.5dw \leq d$	1.05	1.05	1.05	1.05
	a	watertight	-----	1.4	1.05	1.05	1.75
	f	watertight	-----	1.6	1.05	1.7	1.05
	a	watertight	-----	1.3	1.05	1.05	1.75
	f	watertight	-----	1.55	1.05	1.3	1.05

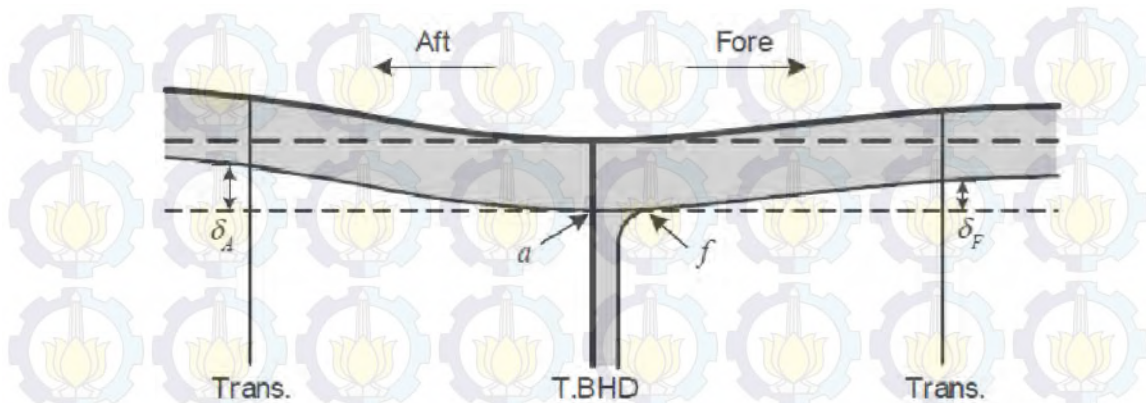
Structural type	Assessed point	Collar plate	Bracket size	Stress concentration factors			
				K_{gl}	K_{gh}	K_{aF}	K_{aA}
	<i>a</i>	watertight	----	1.1	1.05	1.05	1.2
	<i>f</i>	watertight	----	1.75	1.05	1.4	1.05
	<i>a</i>	watertight	----	1.1	1.05	1.05	1.2
	<i>f</i>	watertight	----	1.3	1.05	1.05	1.05
	<i>a</i>	watertight	----	1.05	1.05	1.05	1.15
	<i>f</i>	watertight	----	1.95	1.05	1.55	1.05
	<i>a</i>	watertight	----	1.05	1.05	1.05	1.15
	<i>f</i>	watertight	----	1.7	1.05	1.15	1.05

dimana :

K_{gl} = Faktor konsentrasi tegangan karena tekanan dari samping tergantung dari detail struktur di akhir sambungan.

K_{gh} = Faktor konsentrasi tegangan untuk tegangan nominal pada *hull girder* tergantung dari detail struktur di akhir sambungan.

K_{gl} = Faktor konsentrasi tegangan pada akhir sambungan penegar pada titik “a” dan “f” yang mengacu pada jarak *displacement* antara sekat melintang dengan gading besar di daerah *forward (F)* dan *afterward (A)* seperti tampak pada gambar di bawah ini.



Gambar 2.17 Jarak perpindahan (displacement) antara sekat melintang dan gading besar atau wrang pelat

2.12.6 Penaksiran Kelelahan (*Fatigue Assessment*)

Penaksiran kelelahan suatu sambungan struktur adalah salah satu permasalahan dalam desain *marine structures* seperti kapal, *fixed platform*, *floating structures*, *pipelines*, *risers* dan *mooring lines*. Hasil dari penaksiran kelelahan akan mempengaruhi biaya dan keamanan dari beberapa aspek :

- Kualitas dari sambungan material
- Kualitas dari fabrikasi pengelasan (seperti jenis pengelasan, perlakuan panas dan lain-lain)
- Frekuensi untuk melaksanakan inspeksi dan perbaikan
- Konsekuensi dari potensi kegagalan akibat kelelahan
- Kekuatan sisa dari bagian sistem struktur yang rusak

Menurut Bai (2003), ada lima metodologi untuk memperkirakan akumulasi kerusakan akibat kelelahan :

- Analisis kelelahan deterministic
- Penaksiran kelelahan sederhana (*Simplified fatigue assessment*) (diasumsikan bahwa rentang tegangan menggunakan distribusi *Weibull*)
- Analisis kelelahan *Spectral* (*Spectral fatigue analysis*)
- *Time-domain fatigue analysis*
- Mekanika kepecahan (*Fracture mechanics*) – berdasar pada perkiraan kerusakan kelelahan

Empat metodologi yang pertama memperkirakan kerusakan *fatigue* menggunakan kurva S-N, sedangkan metodologi yang terakhir menggunakan pendekatan mekanika kepecahan.

Bagian ini menjelaskan prosedur sederhana dalam penaksiran kelelahan berdasarkan dua parameter distribusi *Weibull*. Parameter bentuk *Weibull* bergantung pada kondisi gelombang dan karakter dari respon struktur, terutama pengaruh dari dinamika struktur. Hasil evaluasi kelelahan ini sangat berpengaruh pada parameter bentuk *Weibull*. Keuntungan dari *Simplified fatigue assessment* ini adalah *fatigue damage* diturunkan dalam bentuk tertutup (*closed-form*), dan parameter bentuk *Weibull* dikalibrasi berdasarkan data historis dari keretakan akibat kelelahan.

2.12.7 Analisis Kelelahan Deterministik (*Deterministics Fatigue Analysis*)

Dalam analisis kelelahan deterministik untuk suatu *marine structure*, digunakan sekumpulan periodik gelombang tunggal dengan tinggi H_i dan periode T_i gelombang tertentu, dimana $i = 1, 2, 3, \dots, i$. Karena *fatigue damage* mengacu pada waktu/periode T_R , maka prosedur analisis diilustrasikan sebagai berikut :

- Menghitung jumlah kejadian untuk tiap iterasi i dari kumpulan data gelombang

$$n_i = T_R \cdot P_i / T_i \quad (2.28)$$

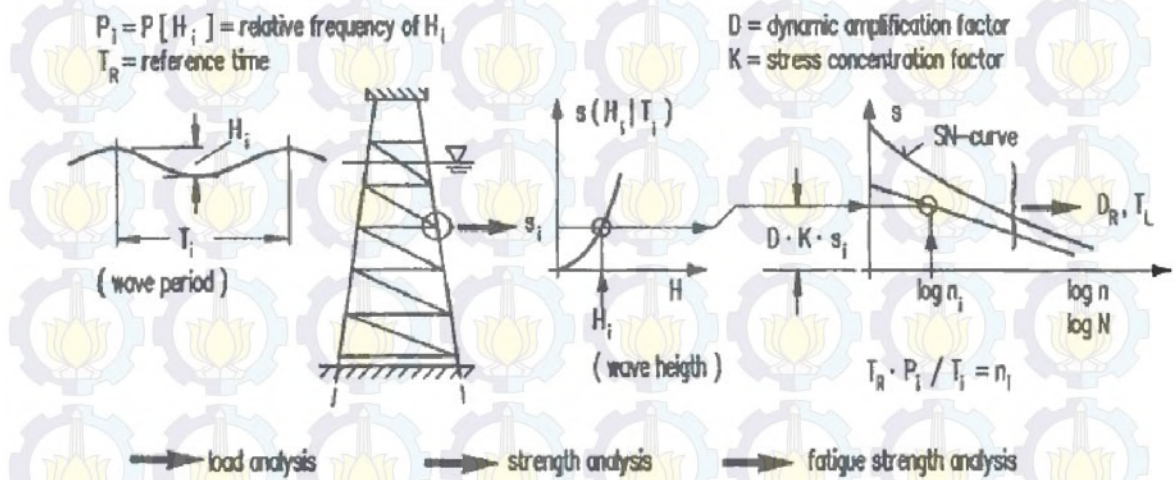
dimana P_i adalah probabilitas (frekuensi relatif) dari tinggi gelombang H_i .

- Menghitung rentang tegangan $S_i (H_i)$ berdasarkan analisis statis dari respon struktur terhadap tinggi H_i dan periode gelombang T_i . Faktor konsentrasi tegangan (yang dinyatakan dalam K) diperoleh dengan menggunakan persamaan parametrik atau analisis numerik atau dengan uji coba. Faktor amplifikasi dinamis (D) merupakan rasio perbandingan dari rentang tegangan dinamis dengan rentang tegangan kuasi-statis.
- Menghitung jumlah siklus kegagalan N_i untuk rentang tegangan $D \cdot SCF \cdot S_i (H_i)$ berdasarkan desain kurva S-N.
- Menghitung *fatigue damage* untuk setiap kondisi variasi gelombang

$$n_i / N_i \quad (2.29)$$

- Menghitung *cumulative fatigue damage* berdasarkan hukum *Miner*

$$D_{fat} = \sum_{i=1}^1 \frac{n_i}{N_i} \quad (2.30)$$



Gambar 2.18 Analisis kelelahan deterministik (Clauss et al, 1994)

2.12.8 Penaksiran Kelelahan Sederhana (Simplified Fatigue Analysis)

Penaksiran ini menggunakan hukum *Palmgren-Miner*, yang dinyatakan sebagai berikut :

$$D_{fat} = \int_0^{\infty} \frac{N_0 f(S)}{N(S)} \quad (2.31)$$

Untuk *marine structure*, fungsi probabilitas dari rentang tegangan dapat digambarkan dengan dua parameter distribusi *Weibull* seperti persamaan (2.18) yang telah dijelaskan sebelumnya. Dimana A dan ξ adalah parameter skala dan parameter bentuk. Jika persamaan (2.31) dan (2.18) digabung, maka akan didapat :

$$D_{fat} = \frac{N_0}{K} \int_0^{\infty} S^m \frac{\xi}{A} \left(\frac{S}{A}\right)^{\xi-1} \exp\left(-\frac{S}{A}\right)^{\xi} dS \quad (2.32)$$

Memperkenalkan :

$$x = \left(\frac{S}{A}\right)^\xi \quad (2.33)$$

Akan didapat :

$$D_{fat} = \frac{N_0}{K} A^m \int_0^\infty x^{1+m/\xi} \exp(-x) dx \quad (2.34)$$

Gamma function dinyatakan sebagai berikut :

$$\Gamma(k) = \int_0^\infty e^{-x} x^{k-1} dx \quad (2.35)$$

Mengkombinasikan persamaan (2.34) dan (2.35), maka akumulasi kerusakan jangka panjang dapat ditulis sebagai berikut :

$$D_{fat} = \frac{N_0}{K} A^m \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (2.36)$$

Dengan A:

$$A = \left[\frac{S_0^\xi}{\ln N_0} \right]^{1/\xi} \quad (2.37)$$

Maka akan diperoleh persamaan akumulasi kerusakan jangka panjang adalah sebagai berikut (*Almar-Naess*, 1985) :

$$D_{fat} = \frac{N_0}{K} \left[\frac{S_0^\xi}{\ln N_0} \right]^{m/\xi} \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right) \quad (2.38)$$

dimana :

N_0 = Total jumlah siklus dalam periode jangka panjang selama masa hidup

S_0 = Rentang tegangan maksimum, dalam setiap N_0 cycles

$$P(S > S_0) = \frac{1}{N_0} \text{ (rentang tegangan kelelahan } S \text{ melebihi } S_0 \text{ sekali dalam } N_0 \text{ cycles)}$$

ξ = Parameter bentuk dari distribusi *Weibull* untuk siklus tegangan

K, m = Parameter material dari kurva S-N

Selanjutnya, rasio *cumulative fatigue damage* (*DM*) dapat diubah ke dalam perhitungan umur kelelahan menggunakan persamaan di bawah ini (*Common Structural Rules for Double Hull Oil Tanker*, 2010). Dalam pola ini, umur kelelahan yang didapat harus mendekati atau lebih besar dari *design life* kapal.

$$\text{fatigue life} = \frac{\text{Design life}}{DM} \text{ years} \quad (2.39)$$

2.12.9 Proses Konversi

Berdasarkan *Lloyd Register* (2003), struktur kapal yang banyak dipilih untuk proses konversi ke FPSO adalah struktur kapal yang dibangun sekitar tahun 1970 sampai dengan 1980. Hal ini disebabkan kapal yang dibangun pada tahun tersebut lebih cenderung menggunakan material *mild steel* yang sesuai dengan material FPSO.

Pemilihan tanker yang sesuai untuk konversi dapat berdasarkan informasi dari :

1. *Original design* dan desain dasar (desain criteria, metodologi dan *code*),
2. Umur serta kondisi kapal, dan
3. Proses operasional dan perawatan.

Aktifitas utama selama proses konversi sepenuhnya tergantung pada masing-masing proyek konversi. Penambahan fasilitas pendukung untuk dapat beroperasi sesuai dengan kebutuhan operasional FPSO. Secara umum proses konversi terbagi menjadi empat tipe :

1. Pengurangan atau modifikasi sistem,
2. Perbaikan,
3. Penambahan fungsi, dan
4. Aktifitas galangan.

Berdasarkan Terpstra, 2001, jumlah berat peralatan untuk FPSO konversi sekitar 5.000 ton. Nilai ini sangat berbeda dengan jumlah berat peralatan FPSO *new built* yang biasanya mencapai 28.000 ton. Berat dari *topside module* yang hanya sekitar 5.000 ton atau 3,9% dari

total *displacement* kapal yang mencapai 128.000 ton, menjadi dasar dalam batasan masalah tesis ini agar berat dari *topside module* tersebut dapat diabaikan.

2.13 Penafsiran Harga (Cost Assessment) FSO Hasil Konversi

2.13.1 Pengertian Biaya

Sebelum membahas tentang analisa biaya, maka perlu membahas terlebih dahulu tentang biaya. Terdapat beberapa pengertian tentang biaya, antara lain :

Biaya menurut *The Committee on Cost Concept – American Accounting Association* adalah merupakan suatu kejadian atau proses produksi yang diukur berdasarkan nilai uang yang timbul dan mungkin akan timbul untuk mencapai suatu tujuan tertentu atau hasil produksi.

R G Lipsey Cs. Berpendapat bahwa biaya bagi perusahaan yang memproduksi suatu hasil produksi merupakan harga dari faktor-faktor produksi yang digunakan untuk menghasilkan outputnya atau hasil produksinya.

Sadono Sukirno dalam “Pengantar Teori Ekonomi Mikro” mengemukakan batasannya secara lebih jelas bahwa ongkos produksi dapat didefinisikan sebagai semua pengeluaran yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk memperoleh faktor-faktor produksi dan material yang akan digunakan untuk menciptakan hasil produksinya, atau dengan batasan yang lebih jelas.

Dari pengertian-pengertian di atas, istilah biaya dapat dianggap sama dengan istilah ongkos dan dapat diartikan sebagai biaya yang telah selesai terpakai (*expired cost*). Istilah ongkos merupakan usaha yang harus dilaksanakan untuk setiap transaksi hasil produksi. Ongkos dapat diukur menurut perbandingan pengeluaran material dan jasa serta biaya-biaya lainnya, yang diperhitungkan terhadap penghasilan untuk mendapatkan pendapatan (Matz, 1983).

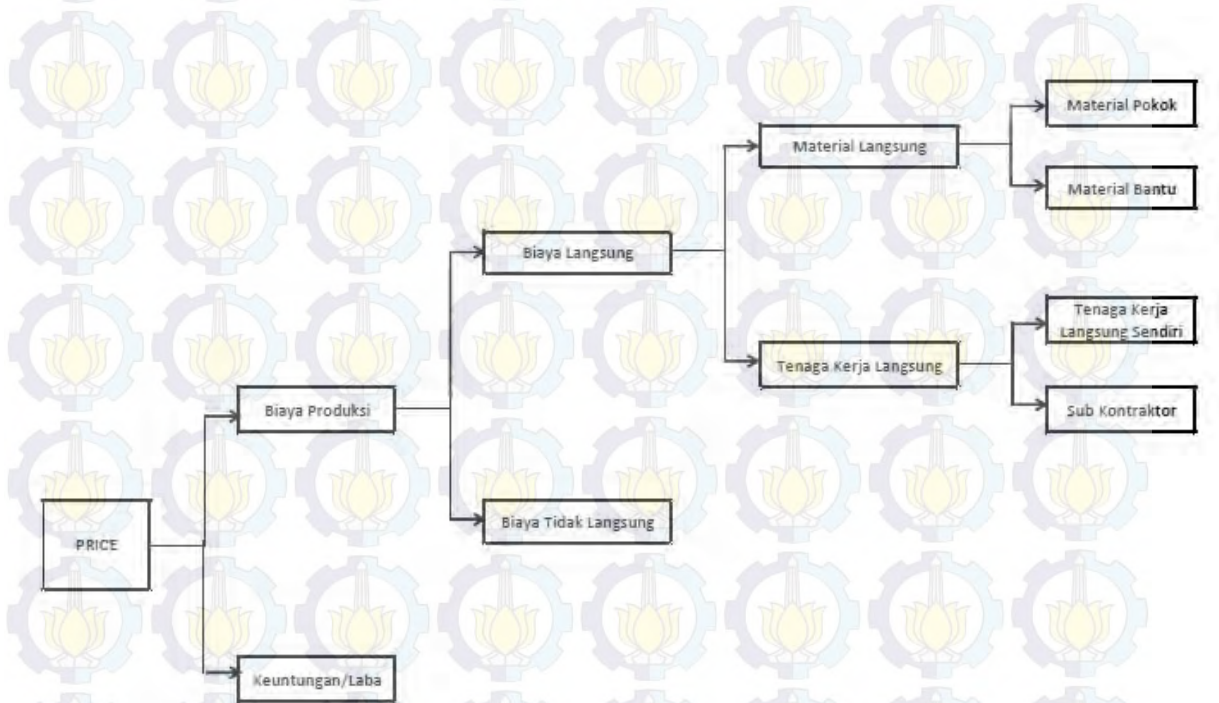
2.13.2 Komponen Biaya Produksi

Pada proses produksi di perusahaan galangan pada umumnya terdapat 3 (tiga) macam komponen biaya dasar, yaitu

1. Biaya Material Langsung (ML)
2. Biaya Tenaga Kerja Langsung (TKL)
3. Biaya tidak Langsung (BTL) atau *Overhead*.

Dari kedua komponen biaya dasar yang pertama, yaitu biaya material langsung (ML) dan biaya tenaga kerja langsung (TKL) jumlahnya merupakan biaya langsung (BL), sedangkan penjumlahan biaya langsung dengan biaya tidak langsung merupakan biaya produksi (BP). Apabila biaya produksi (BP) ini ditambahkan dengan laba/rugi operasi merupakan penjualan hasil produksi.

Oleh karena itu uraian komponen-komponen biaya dasar pada proses produksi adalah sebagai berikut,



Gambar 2.19 Uraian komponen-komponen biaya dasar pada proses produksi.

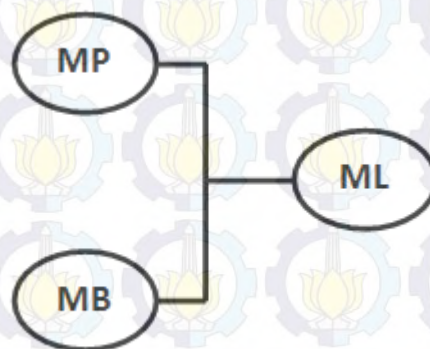
2.13.2.1 Biaya Material Langsung

Biaya material langsung (ML) atau *direct material cost* adalah biaya material/bahan yang secara langsung digunakan dalam proses produksi untuk mewujudkan suatu hasil produksi yang siap diserahkan kepada pemilik kapal atau pemesan kapal.

Untuk proses produksi di galangan kapal sebenarnya material langsung (ML) dapat dibagi lagi menjadi :

1. Material pokok (MP) merupakan bahan baku yang diperlukan untuk mewujudkan hasil produksi, antara lain : pelat/profil baja, bahan porous, kayu, cat untuk pelindung dari karat dan cat warna, motor induk/bantu, permesinan, katup-katup, pipa, peralatan navigasi, alat keselamatan jiwa di laut.
2. Material bantu (MB) merupakan material yang diperlukan untuk memproses material pokok untuk mewujudkan suatu hasil produksi, antara lain : elektroda las, gas oksigen, acetylen cair, karbid, LPG cair, cat/kapur untuk penera.

Uraian komponen biaya material dapat dilihat pada Gambar 2.20.



Gambar 2.20 Uraian komponen biaya material

2.13.2.2 Biaya Tenaga Kerja Langsung

Biaya tenaga kerja langsung (TKL) atau *direct labour cost* adalah biaya untuk para tenaga kerja langsung yang ditempatkan dan didayagunakan dalam menangani kegiatan-kegiatan proses produksi yang secara integral digunakan untuk menangani semua peralatan/fasilitas produksi sehingga proses produksi dapat terwujud.

Pada galangan kapal modern yang menganut pengelolaan secara modern, untuk mendapatkan suatu hasil produksi tidak melaksanakan seluruh proses produksi dengan tenaga kerja sendiri. Sekarang keterkaitan dengan industri lain nyata sekali dalam menyelesaikan suatu proses produksi di lingkungan perusahaan galangan kapal. Industri-industri tersebut biasanya dinamai dengan “Industri Penunjang Industri Perkapalan dan Bangunan Lepas Pantai”.

Hasil Industri Penunjang Industri Perkapalan dan Bangunan Lepas Pantai dapat dibagi menjadi :

1. Material
2. Barang jadi atau setengah jadi
3. Jasa dan atau tenaga kerja

Khusus perusahaan industri jasa atau pemasok tenaga kerja disebut “Sub Kontraktor” yang mendukung tenaga kerja bagi Perusahaan Dok dan Galangan Kapal. Sub kontraktor ini dapat dibagi menjadi :

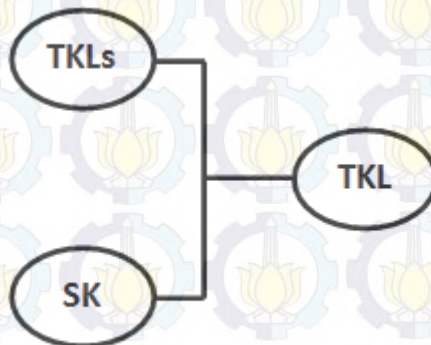
1. Jasa atau tenaga kerja yang dapat dikerjakan oleh tenaga kerja langsung (TKL) perusahaan galangan kapal tersebut, antara lain : pekerjaan pelat/las, pekerjaan pipa.
2. Jasa atau tenaga kerja yang tidak dapat dikerjakan oleh tenaga kerja langsung (TKL) perusahaan galangan kapal tersebut, antara lain : pekerjaan ketel, pekerjaan radio.

Sub kontraktor yang mempunyai keahlian dengan jenis pekerjaan yang sama dengan jenis pekerjaan tenaga kerja langsung perusahaan galangan kapal tersebut, maka biayanya dimasukkan pada biaya tenaga kerja langsung (TKL). Sedangkan sub kontraktor yang memiliki jenis keahlian yang tidak dimiliki oleh para tenaga kerja langsung perusahaan galangan kapal tersebut, maka biayanya dimasukkan pada biaya tidak langsung (BTL).

Oleh karena itu biaya tenaga kerja langsung (TKL) pada perusahaan dok dan galangan kapal dapat dibagi menjadi :

1. Biaya tenaga kerja langsung sendiri (TKLs)
2. Biaya Sub kontraktor (SK)

Uraian biaya tenaga kerja langsung ini dapat dilihat pada



Gambar 2.21 Uraian komponen biaya tenaga kerja langsung

2.13.2.3 Biaya Tidak Langsung atau Overhead

Biaya tidak langsung (BTL) atau *overhead* merupakan biaya-biaya material tidak langsung dan tenaga kerja tidak langsung serta biaya-biaya lainnya yang timbul dan yang diperlukan untuk menunjang keberhasilan penyelesaian proses produksi.

Biaya material tidak langsung (*indirect material cost*) adalah biaya material-material yang dipakai untuk menunjang keberhasilan proses produksi, tetapi tidak menjadi bagian yang integral dari produksi yang dihasilkan.

Biaya material tidak langsung (*indirect labour cost*) adalah biaya tenaga kerja yang tidak langsung didayagunakan untuk kegiatan proses



BAB 3

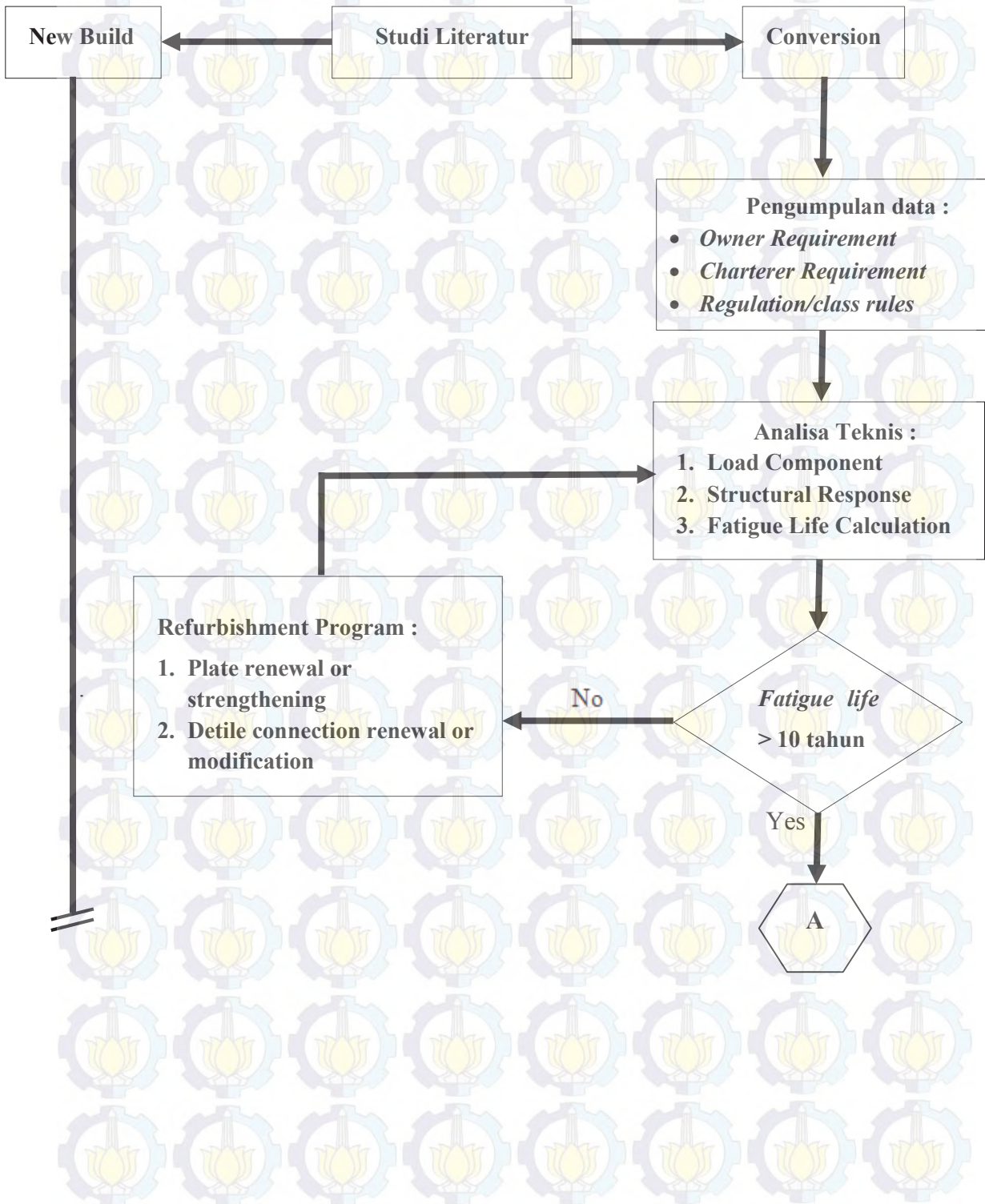
METODOLOGI PENELITIAN

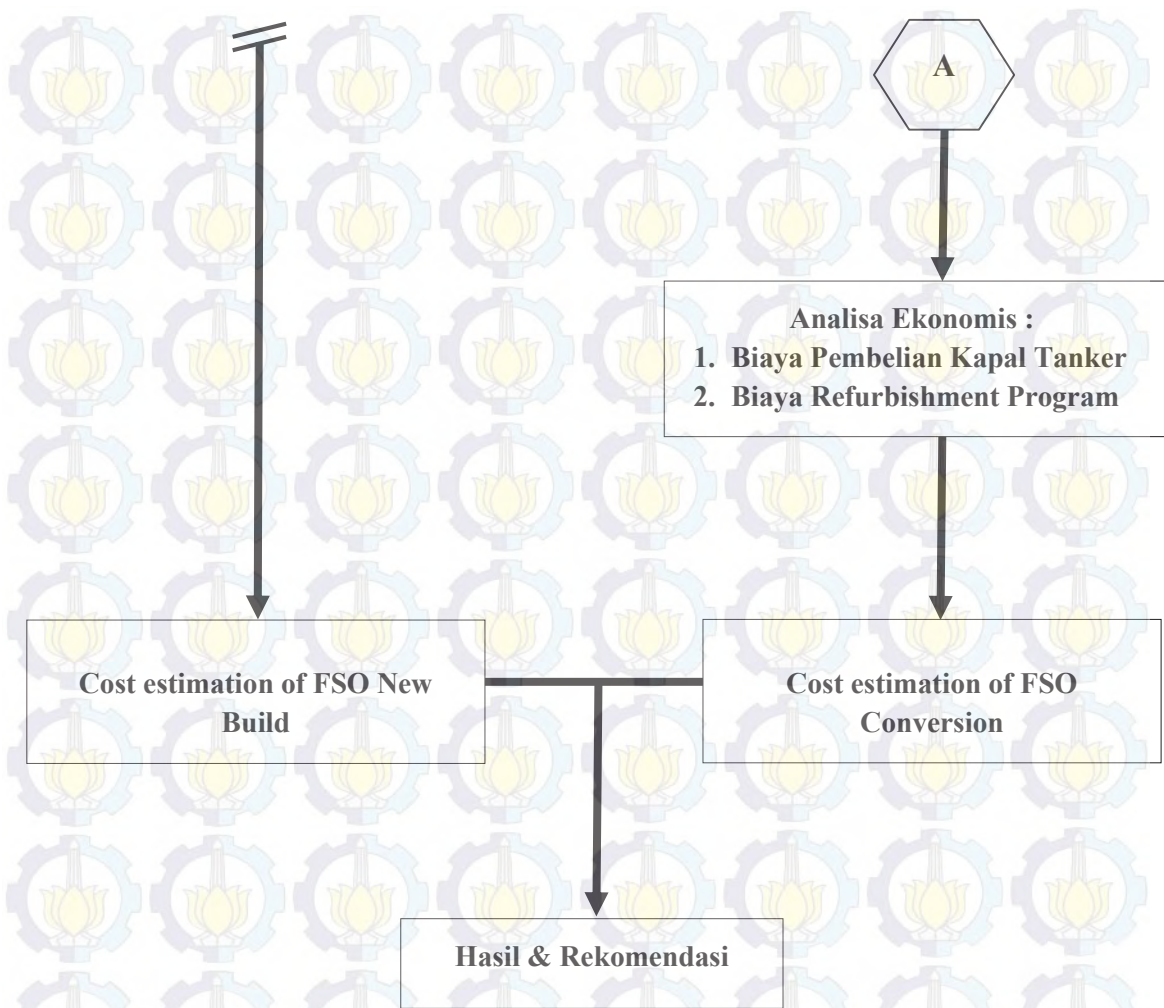
3.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai bagaimana cara mencapai tujuan Tesis ini. Dimulai dari bagaimana cara pengumpulan data dan deskripsi dan penjelasan data yang telah diperoleh. Di samping itu juga terdapat penjelasan langkah-langkah pengerjaan yang memberikan gambaran umum mengenai bagaimana menggunakan data-data yang telah diperoleh untuk menyelesaikan Tesis ini.

3.2 Langkah-Langkah Pengerjaan

Berdasarkan perumusan definisi masalah maka dapat dibuat diagram alir penelitian (flow chart metodologi) mengenai pemilihan kapal trading tanker yang sesuai untuk dikonversi menjadi FSO di Indonesia, seperti pada Gambar 3.1 berikut ini :





Gambar 3.1 Langkah-Langkah Pengerjaan Tesis

3.3 Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa data aktual *Floating Storage and Offloading* seperti ukuran utama, *midship section*, konstruksi profil. Data yang lain yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data lingkungan (*metocean data*) dimana *Floating Storage and Offloading* ini ditempatkan yaitu di Laut Jawa, Laut Bali, Perairan Kepulauan Seribu, dan Selat Madura di sekitar *Pagerungan Field*.

Sedangkan metode yang dilakukan untuk memperoleh data adalah dengan wawancara baik terhadap operator maupun pihak *oil and gas company* serta menggunakan data-data sekunder dari literatur yang ada untuk mendapatkan data seperti :

- Data Perairan Indonesia
- Data dan Gambar Tanker
- Data *Charterer Requirement*
- Data FSO yang Beroperasi di Indonesia

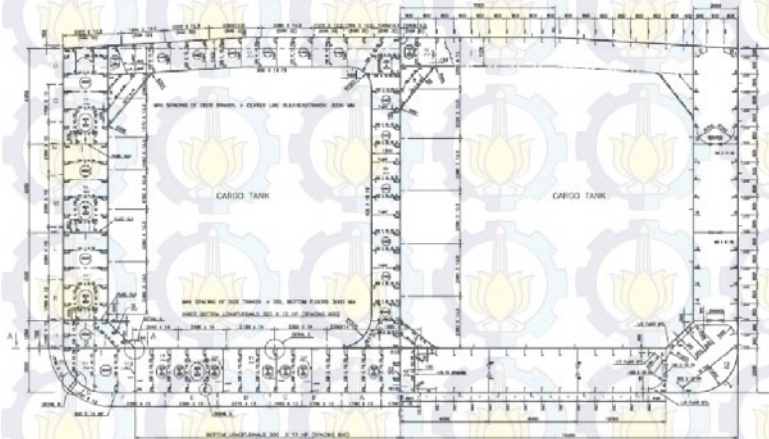
3.4 Deskripsi dan Penjelasan Data

3.4.1 *Trading Tanker Target Konversi*

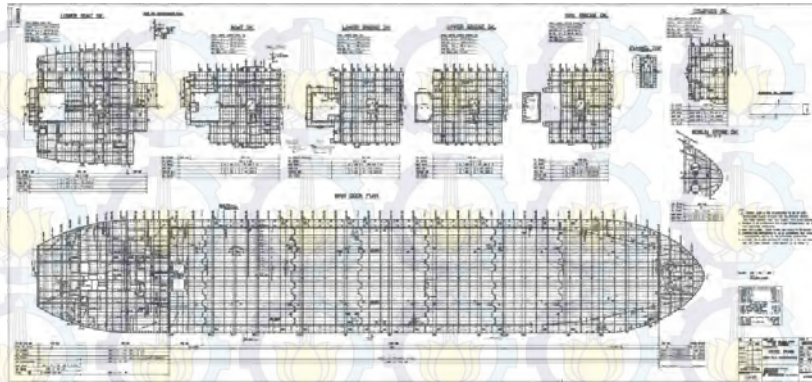
Dalam menyelesaikan tesis ini kami memerlukan data kapal tanker yang berada di pasaran. Data-data tersebut antara lain *midship section* dan konstruksi profil untuk yang diperlukan untuk *fatigue life assessment*. Pada tesis ini kami menggunakan kapal Tanker 30000 DWT sebagai target konversi. Kapal ini nantinya akan divariasikan ke dalam 4 (empat) klasifikasi berdasarkan tingkat kondisinya menggunakan teori *corrosion rate*.

Kapal tanker ini mempunyai panjang 180 meter dan lebar 30,5 meter. Selain itu kapal ini memiliki daya jelajah 12.000 nautical miles dan bekecepatan 14 knots serta dilengkapi mesin induk berkekuatan 7938 HP.

Berikut ini data *midship section* dan konstruksi profil yang digunakan sebagai acuan pada penelitian ini



Gambar 3.2 *Midship Section Tanker 30000 DWT*



Gambar 3.3 Konstruksi profil MT FASTRON

Gambar *midship section* dan konstruksi profil sangat diperlukan dalam merumuskan *fatigue life* suatu kapal. Dengan *midship section* kita dapat mengetahui bentuk dan ukuran profil yang terpasang pada kapal. Sedangkan dengan konstruksi profil kita dapat mengetahui jumlah sambungan yang ada pada kapal tersebut. Selain itu dengan memperhatikan detile konstruksi pada kedua gambar itu kita dapat mengetahui bentuk dan ukuran sambungan maupun *bracket*.

Untuk keperluan proses konversi sebenarnya, sebaiknya *midship section* dan konstruksi profil yang dipakai sebagai acuan adalah data gambar terkini. Sebab akan berbeda hasilnya jika *midship section* dan konstruksi profil yang digunakan adalah data gambar saat kapal dibangun. Tentunya data terkini kapal akan memberikan data yang lebih valid dan sesuai dengan kondisi sebenarnya.

3.4.2 Data Lingkungan (Metocean Data)

Berikut ini adalah daerah operasi (*sea state*) yang digunakan sebagai dasar perhitungan dan desain FSO konversi.



Gambar 3.4 Peta lingkungan FSO

Pin yang terlihat pada Gambar 3.4 menunjukkan daerah atau *sea state* yang dipilih untuk operasional FSO. Sehingga data lingkungan yang dijadikan sebagai input untuk perhitungan *fatigue life* adalah karakteristik dari keempat lingkungan tersebut. Empat lokasi itu adalah Kepulauan Seribu (KS), Laut Jawa (JS), Selat Madura (SM), dan Laut Bali (LB).

3.4.2.1 Laut Jawa (Java Sea)

Seperti yang telah kita tahu bahwa Laut Jawa terletak di sebelah utara Pulau Jawa dan membentang dari Selat Sunda hingga Selat Bali. Meskipun luas, perairan ini memiliki kondisi lingkungan yang relatif mirip. Untuk penelitian kali ini kami memilih Laut Jawa yang berada di sebelah utara Kabupaten Tuban sebagai tinjauan. Berdasarkan data yang diperoleh, Laut Jawa memiliki karakteristik sebagai berikut:

Tabel 3.1 Karakteristik Laut Jawa

Location			Tuban	
Water Depth			36 m	
Return Period			1	100
Metoccean Parameter	Symbol	Unit		
Wind Speed				
1-minute mean	W_s	m/s	18,39	30,84
Wave Height				
Significant wave height	H_s	M	2,6	4,6
Significant wave period	T_s	S	7,2	9,0
Current Speed				
Current velocity	V_c	m/s	1,05	1,26

Data yang tertera pada Tabel 3.1 diperoleh dari *metocean data* yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) setempat.

3.4.2.2 Selat Madura (Madura strait)

Data lingkungan Selat Madura dalam penelitian ini menggunakan data dari LAPI ITB yang ditulis dalam laporan disertasi Tubagus Ary Tresna Dirgantara yang berjudul *Study of Fatigue Design on Marine Current Turbine Support Structure, Bali-Indonesia – University of Southampton (June 2011)*.

Berikut ini adalah data lingkungan berupa *current data over depth*, *wave data*, dan *distribution of wave period*.

Tabel 3.2 Karakteristik lingkungan Selat Madura

Location			Madura Strait	
Water Depth			70 m	
Return Period			1	100
Metocean Parameter	Symbol	Unit		
Wind Speed				
60-minute mean	W_{60}	m/s	10,7	19,8
1-minute mean	W_s	m/s	13,3	24,6
3 second gust	W_{gust}	m/s	16,1	29,9
Wave Height				
Significant wave height	H_s	m	3,4	6,2
Significant wave period	T_s	s	6,9	8,9
Significant wave length	L_s	m	73,8	124,8
Max. individual wave height	H_{max}	m	6,1	11,2
Max. individual wave period	T_{max}	s	8,9	11,6
Max. individual wave length	L_{max}	m	124,8	211
Water Level				
Highest water level (above MSL)		m	0,95	
Lowest water level (below MSL)		m	0,98	
Storm surge (above MSL)		m	0,02	0,09
Current Speed				
Wind and tide induced				
0% of depth	V_0	m/s	0,55	0,94
10% of depth	V_{10}	m/s	0,53	0,81
20% of depth	V_{20}	m/s	0,52	0,79
30% of depth	V_{30}	m/s	0,5	0,76
40% of depth	V_{40}	m/s	0,48	0,72
50% of depth	V_{50}	m/s	0,46	0,69
60% of depth	V_{60}	m/s	0,44	0,65
70% of depth	V_{70}	m/s	0,41	0,61
80% of depth	V_{80}	m/s	0,38	0,56
90% of depth	V_{90}	m/s	0,35	0,51
100% of depth	V_{100}	m/s	0,32	0,46

3.4.2.3 Perairan Kepulauan Seribu

Perairan Kepulauan Seribu yang merupakan bagian dari wilayah perairan DKI Jakarta terletak di sebelah luar perairan Teluk Jakarta. Kecepatan gelombang rata-rata di daerah ini relatif rendah, hanya mencapai 1 knot. Kondisi ini terjadi sebagai akibat dari adanya proses peredaman gelombang oleh gugusan pulau yang berserakan di perairan Kepulauan Seribu. Dari data lingkungan yang kami dapatkan sebagai berikut,

Tabel 3.3 Karakteristik perairan Kepulauan Seribu

Location			Kepulauan Seribu	
Water Depth			30 m	
Return Period			1	100
Metocean Parameter	Symbol	Unit		
Wind Speed				
1-hour mean	W_{1H}	knot	15	20
Wave Height				
Significant wave height	H_s	m	1	3
Significant wave period	T_s	s	2,4	6,3
Current Speed				
Depth (m)	V_0	m/s	0,04	0,38

3.4.2.4 Laut Bali

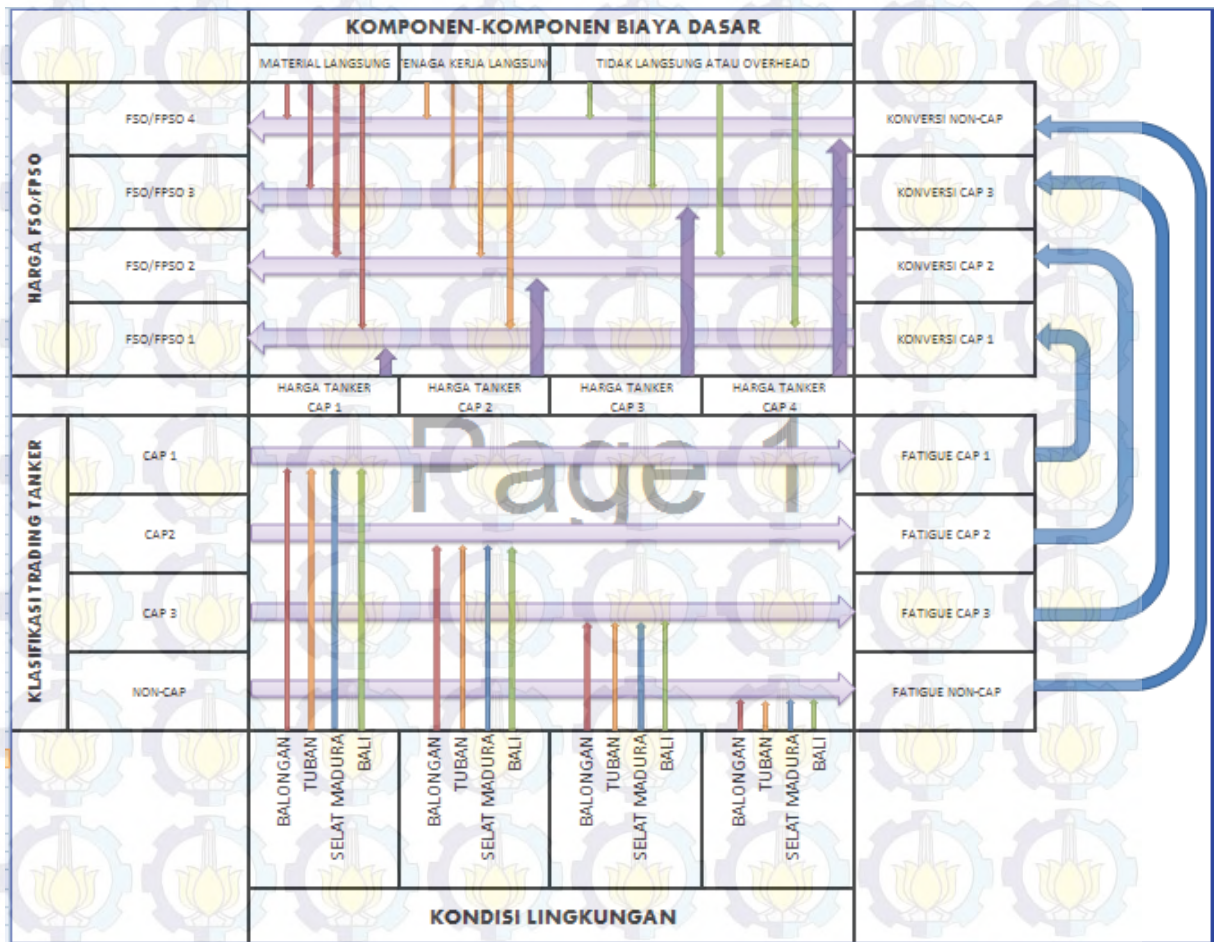
Laut Bali yang menjadi tinjauan untuk penelitian ini adalah perairan yang berada di sebelah barat dan utara pulau bali. Berdasarkan data lapangan yang ada tinggigelombang ada daerah ini adalah sebagai berikut,

Tabel 3.4 Karakteristik lingkungan Laut Bali

Location			Bali	
Water Depth			m	
Return Period			1	100
Metocean Parameter	Symbol	Unit		
Wave Height				
Maximum wave height	H_{max}	m	2,18	
Maximum wave period	T_{max}	s	19,3	
Significant wave height	H_s	m	1,19	
Significant wave period	T_s	s	13,2	
Minimum wave height	H_{min}	m	0,61	
Minimum wave period	T_{min}	s	8,9	

3.4.3 Penggunaan Data

Setelah memperoleh semua data yang diperlukan dalam penelitian ini, tahap selanjutnya adalah perumusan mengenai *fatigue life* dan komponen biaya. Dalam merumuskan hal ini dilakukan dengan memvariasikan rumusan berdasarkan data yang ada. Berikut ini adalah bagan yang menggambarkan metode variasi yang kami lakukan,



Gambar 3.5 *Planning matrix* variasi rumusan

Dari Gambar 3.5 dapat dijelaskan bahwa dalam menyelesaikan penelitian ini dimulai dari perumusan *fatigue life*, dimana dalam merumuskannya kami memasukkan 4 (empat) data lingkungan ke dalam masing-masing kondisi kapal (CAP 1, CAP 2, CAP 3, Non-CAP). Sehingga dari rumusan ini akan didapatkan 16 *fatigue life* hasil variasi. Metode yang kami pakai untuk memperoleh hasil tersebut antara lain,

1. Melakukan analisa terhadap *load component* FSO, dalam hal ini *dynamic loading* dengan menggunakan pendekatan *ABS Classification Rules* seperti:

- Menghitung *external load* (*Still water bending moment, Wave bending moment, Still water shear force*)
 - Menghitung *internal load* (*Tank Shloshing Load*)
 - Menghitung *motion induced load* (*Acceleration motion load*)
2. Melakukan analisa terhadap *structural response* terutama tegangan (*stress range*) dengan menggunakan pendekatan *CSR* dan *ABS Classification Rules*.
 3. Melakukan analisa perhitungan *fatigue life* di daerah *end connection* dengan menggunakan pendekatan *CSR* dan *ABS Classification Rules*

Setelah diperoleh umur konstruksi tanker tersebut, tahap selanjutnya adalah proses konversi, dimana pada tahap ini kami melakukan pergantian pelat yang secara ukuran sudah tidak memenuhi persyaratan, melakukan penggantian tipe sambungan, maupun penambahan penguatan pada sistem konstruksi.

Dari proses konversi yang telah dilakukan selanjutnya dihitung material langsung maupun tidak langsung yang digunakan untuk menyelesaikan proses tersebut, sehingga dapat diketahui biaya material yang harus dikeluarkan. Di samping itu juga dihitung komponen biaya yang lain seperti biaya tenaga kerja dan biaya *overhead*.

Pada akhirnya dari tahap perumusan *fatigue life* dan tahap perumusan biaya, dianalisa kapal dengan kondisi bagaimana yang sesuai dan efisien jika dikonversi menjadi FSO untuk dioperasikan di empat *sea state*, yaitu Laut Jawa, Selat Madura, Kepulauan Seribu, dan Laut Bali.



BAB 4

PERUMUSAN *FATIGUE LIFE* DAN *COST ASSESSMENT KONVERSI FLOATING STORAGE AND OFFLOADING (FSO)*

4.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dijelaskan proses perumusan *fatigue life* pada *hull Tanker* untuk dikonversi menjadi *Floating Storage and Offloading (FSO)* sehingga dapat dioperasikan di daerah yang telah ditentukan dengan kurun waktu yang juga telah ditentukan. Selain itu pada bab berikut menerangkan tentang perumusan biaya konversi. Kemudian dari dua perumusan tersebut diintegrasikan sehingga terbentuk suatu sistem yang dapat digunakan sebagai dasar penilaian (*assessment*) untuk memilih kapal dengan kondisi tertentu yang layak dan sesuai untuk dikonversi. Langkah dan hasil perhitungan yang ditunjukkan pada bab ini adalah salah satu variasi skenario, yaitu konversi yang dilakukan pada tanker CAP 1 untuk konversi di lingkungan Selat Madura.

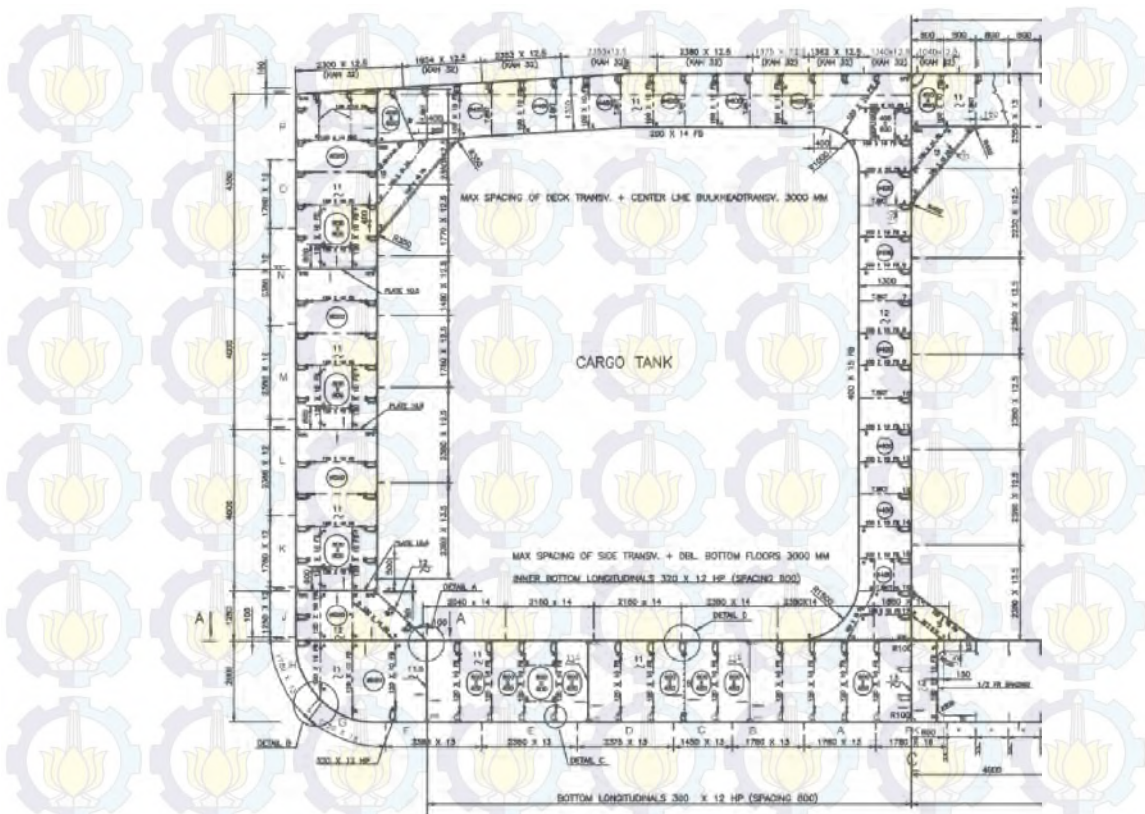
4.2 Design Structure

Data struktur yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah struktur tanker dengan dua *longitudinal bulkheads* (sekat memanjang). Ukuran utama tanker tersebut sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 *Principal Dimension*

Description	Symbol	Unit	Quantity
Length Between Perpendicular	LBP	m	173.000
Length Overall	LOA	m	180.000
Breadth (Moulded)	B	m	30.500
Depth (Moulded)	D	m	15.600
Design Draft (Moulded)	T	m	9.000
Cargo Tanks (98% Filled) include slop tank		m ³	41.140
Slop Tanks (98% Filled)		m ³	1.220
Fuel Oil (98% Filled)		m ³	1.370
Fresh Water (100% Filled)		m ³	250
Total DWT		Ton	30000
Service speed		Knot	14
Block Coefficient	CB		0.616

Adapun komposisi struktur tanker adalah seperti ditunjukkan dalam



Gambar 4.1 Midship section of tanker (PT Biro Klasifikasi Indonesia, 2011)

UKOOA (2002) menyatakan bahwa struktur kapal tanker yang dikonversi menjadi FPSO harus memenuhi syarat rasio bentuk, seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.2 Rasio bentuk struktur

	L/B	B/D
Aktual	5.901	1.955
Ideal (UKOOA, FPSO)	5.0 - 6.5	1.6 - 2.0

(Sumber : UKOOA, 2002)

Dari tabel di atas dapat dilihat bahwa struktur tanker masih dapat diterima untuk dikonversi menjadi FPSO.

4.3 Data Lingkungan

Perhitungan umur kelelahan pada struktur FPSO harus menggunakan data lingkungan setempat. Hal ini dikarenakan karakteristik setiap perairan (*sea state*) berbeda-beda. *Sea State*

atau kondisi laut adalah merupakan ukuran yang lazim digunakan dalam menjelaskan tingkat keganasan laut pada suatu saat tertentu. Ukuran keganasan laut disini diperoleh berdasarkan pengalaman, utamanya oleh para pelaut yang telah terbiasa berlayar di lautan internasional. Ukuran tersebut umumnya juga dijadikan sebagai tolok ukur kemampuan operasi bangunan laut secara luas. Berikut ini adalah klasifikasi *sea state* yang dikeluarkan oleh.

Tabel 4.3 Klasifikasi *Sea state*

Sea State	Description of sea	Significant wave height	Average wave height	Wind Speed	Beaufort scale
		Hs (m)	Hav (m)	Vw (knots)	
0	Calm (glassy)	0.00	0.00	0.00	0.0
1	Calm (rippled)	0.01 – 0.10	0.01 – 0.06	0.01 – 6.0	1.0 – 2.0
2	Smooth (wavelets)	0.11 – 0.50	0.07 – 0.31	7.0 – 10.0	3.0
3	Slight	0.51 – 1.25	0.32 – 0.78	11.0 – 16.0	4.0
4	Moderate	1.26 – 2.50	0.79 – 1.56	17.0 – 21.0	5.0
5	Rough	2.51 – 4.00	1.57 – 2.50	22.0 – 27.0	6.0
6	Very Rough	4.01 – 6.00	2.51 – 3.75	28.0 – 47.0	7.0 – 9.0
7	High	6.01 – 9.00	3.76 – 5.63	48.0 – 55.0	10
8	Very High	9.01 – 14.00	5.64 – 8.75	56.0 – 63.0	11
9	Phenomenal	> 14.00	> 8.75	> 63.0	12

Sedangkan semua peraturan yang ada di dalam *Common Structural Rules (CSR)* mengacu pada lingkungan perairan *North Sea*. Salah satu perairan *North Sea* yang juga terkenal sebagai salah satu penghasil minyak dunia adalah Teluk Mexico (*Gulf Mexico*). Data sebaran gelombang hasil pengukuran di perairan teluk Mexico adalah sebagai berikut.

Tabel 4.4 Sebaran gelombang di Teluk Mexico

Hs (m)	Tp (det)							Jumlah	Komulatif
	3 – 4	4 – 5	5 – 6	6 – 7	7 – 8	8 – 9	9 – 10		
0 - 1	60	140	112	35	12	6	-	365	365
1 – 2	15	96	138	77	34	11	4	375	740
2 – 3	3	32	66	50	20	6	1	178	918
3 – 4	2	11	24	23	11	4	1	76	994
4 – 5	1	5	8	9	5	2	1	31	1025
5 – 6	-	1	3	5	3	1	-	13	1038
6 – 7	-	-	1	4	2	1	-	8	1046
7 – 8	-	-	1	1	1	-	-	3	1049
Jumlah								1049	

Dengan menggunakan persamaan regresi didapatkan data gelombang dalam kurun waktu 10 tahun, 50 tahun, dan 100 tahun adalah sebagai berikut,

Tabel 4.5 Gelombang dalam kurun waktu

Kurun Waktu	$P_y(H_s)$		$\ln(H_s - a)$	H_s (m)
-1	-2	-3	-4	-5
10 tahun	1,0	23304	23478	10.46
50 tahun	1,0	24758	24569	11.67
100 tahun	1,0	25325	24994	12.18

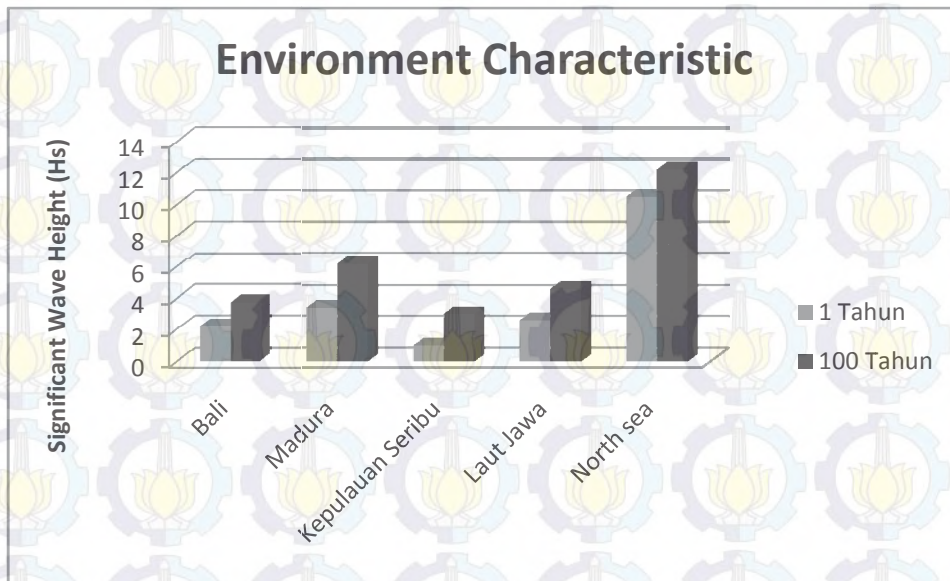
Dari Tabel 4.5 menunjukkan bahwa *significant wave height* di Teluk Mexico mencapai 10.46 m dalam kurun waktu 10 tahun. Gelombang sebesar 10 tahunan ini adalah gelombang terbesar yang pasti muncul dalam kurun waktu 10 tahun sekali. Maka dari itu apabila suatu konstruksi akan diinstal di daerah ini harus memperhitungkan gelombang kurun waktu tersebut. Kurun waktu gelombang yang dipilih harus lebih besar dari *life time* konstruksi yang akan diinstal.

Jika melihat dari data yang diperoleh seperti telah dibahas pada sub-bab 3.4.2 (Data Lingkungan (Metocean Data) bahwa *sea state* FSO yang akan dikonversi pada penelitian ini adalah di empat daerah di Indonesia, yakni Laut Jawa, Selat Madura, Laut Bali, dan Kepulauan Seribu secara ringkas ditunjukkan sebagai berikut

Tabel 4.6 Tabulasi *significant wave* target lokasi FSO

<i>Sea State</i>	Significant wave height (Hs)	
	1 Tahunan	100 Tahunan
Bali	2,18	3,75
Madura	3,4	6,2
Kepulauan Seribu	1	3
Laut Jawa	2,6	4,6

Sehingga apabila dibandingkan, kondisi perairan *north sea* cenderung jauh lebih besar apabila dibandingkan dengan keempat *sea state* target lokasi operasi FSO dalam tesis ini. Perbandingan *sea state* tampak seperti pada bagan berikut





Bagan 4.1 Perbandingan karakteristik lingkungan

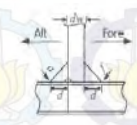
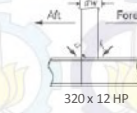
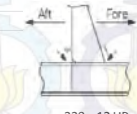
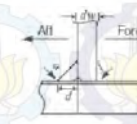
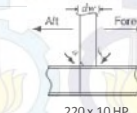
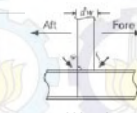
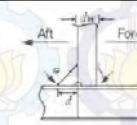
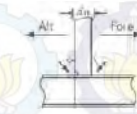

Dari Bagan 4.1 dapat terlihat bahwa *sea state* di lingkungan *north sea* jauh lebih ganas dibandingkan dengan empat daerah di Indonesia. Hal ini menunjukkan pada kita bahwa apabila kita membangun suatu konstruksi di daerah perairan Indonesia menggunakan *Common Structure Rule (csr)* maupun *American Bureau Society (ABS)*, maka konstruksi tersebut akan *over design* atau terlalu kuat. Dengan demikian biaya yang dibutuhkan juga akan terlalu banyak, sehingga tidak efisien. Maka dari itu diperlukan dalam perhitungan *fatigue life* perlu memasukkan data lingkungan perairan setempat.

4.4 Tipe Sambungan Konstruksi (*Connection Type Construction*)

Tipe sambungan yang diaplikasikan pada tanker yang dikonversi adalah hal utama yang harus diperhatikan. Berikut adalah data tipe sambungan yang terpasang pada tanker MT Fastron 30.000 DWT.

Tabel 4.7 Tipe sambungan konstruksi MT Fastron

No.	Sambungan	Tipe struktural		Karakter Sambungan Terhadap S-N Curve (CSR)					Faktor Konsentrasi Tegangan (CSR JBP Sect 8)					Jumlah		
		Bracket dw	Ukuran Penegar 1.5dw	Class	K2 atau A	m	S _N	K _{gl}	K _{gh}	K _{gf}	K _{ga}	K	Transverse	Longitudinal	Total	
S1	Antara pembujur sisi & Sekat melintang 3			F2	4.3E+11	3	35	1.1	1.05	1.55	1.05	1.880	30	9	270	
S2	Antara pembujur sisi & web transverse 47			F2	4.3E+11	3	35	1.05	1.05	1.7	1.05	1.968	30	55	1650	

S3	Antara pembujur Bottom & Sekat melintang 33		F2	4.3E+11	3	35	1.05	1.05	1.05	1.05	1.216	26	9	234										
		<table border="1"> <tr><td>Penegar</td><td>320 x 12 HP</td></tr> <tr><td>Bracket</td><td>BF 1200*1500*12.0* 150*12.0</td></tr> <tr><td>d</td><td>1500</td></tr> <tr><td>dw</td><td>500</td></tr> <tr><td>1.5dw</td><td>750</td></tr> </table>	Penegar	320 x 12 HP	Bracket	BF 1200*1500*12.0* 150*12.0	d	1500	dw	500	1.5dw	750												
Penegar	320 x 12 HP																							
Bracket	BF 1200*1500*12.0* 150*12.0																							
d	1500																							
dw	500																							
1.5dw	750																							
S4	Antara pembujur Bottom & web transverse 3		F2	4.3E+11	3	35	1.1	1.05	1.55	1.05	1.880	26	55	1430										
		320 x 12 HP																						
S5	Antara pembujur deck & web transverse 47		F2	4.3E+11	3	35	1.05	1.05	1.7	1.05	1.968	32	55	1760										
		220 x 12 HP																						
S6	Antara pembujur deck & Sekat Melintang 17		F2	4.3E+11	3	35	1.05	1.05	1.05	1.2	1.389	32	9	288										
		<table border="1"> <tr><td>Penegar</td><td>220 x 12 HP</td></tr> <tr><td>Bracket</td><td>BF 900* 900*11.5* 130*12.0</td></tr> <tr><td>d</td><td>900</td></tr> <tr><td>dw</td><td>325</td></tr> <tr><td>1.5dw</td><td>487.5</td></tr> </table>	Penegar	220 x 12 HP	Bracket	BF 900* 900*11.5* 130*12.0	d	900	dw	325	1.5dw	487.5												
Penegar	220 x 12 HP																							
Bracket	BF 900* 900*11.5* 130*12.0																							
d	900																							
dw	325																							
1.5dw	487.5																							
S7	Antara pembujur sekat memanjang & Sekat melintang 3		F2	4.3E+11	3	35	1.1	1.05	1.55	1.05	1.880	17	9	153										
		220 x 10 HP																						
S8	Antara pembujur sekat memanjang & web transverse 3		F2	4.3E+11	3	35	1.1	1.05	1.55	1.05	1.880	17	55	935										
		220 x 10 HP																						
S9	Antara pembujur Inner Bottom & Sekat melintang 17		F2	4.3E+11	3	35	1.05	1.05	1.05	1.2	1.389	28	9	252										
		<table border="1"> <tr><td>Penegar</td><td>320 x 12 HP</td></tr> <tr><td>Bracket</td><td>BF 900* 900*11.5* 130*12.0</td></tr> <tr><td>d</td><td>900</td></tr> <tr><td>dw</td><td>325</td></tr> <tr><td>1.5dw</td><td>487.5</td></tr> </table>	Penegar	320 x 12 HP	Bracket	BF 900* 900*11.5* 130*12.0	d	900	dw	325	1.5dw	487.5												
Penegar	320 x 12 HP																							
Bracket	BF 900* 900*11.5* 130*12.0																							
d	900																							
dw	325																							
1.5dw	487.5																							
S10	Antara pembujur Inner Bottom & Solid Floor 3		F2	4.3E+11	3	35	1.1	1.05	1.55	1.05	1.880	28	55	1540										
		320 x 12 HP																						
S11	End connection pada web transverse 49		F	6.3E+11	3	39.8	1.55	1.05	1.3	1.05	2.222	8	9	72										

Dari tipe sambungan yang telah direkap seperti terlihat pada **Error! Reference source not found.** dapat diketahui faktor konsentrasi tegangan. Faktor ini yang menjadi input dalam perhitungan *fatigue life*.

4.5 Perhitungan Laju Korosi

Seperti yang telah dijelaskan pada sub bab 2.6 bahwa pada tesis ini akan dilakukan variasi kapal berdasarkan kondisi kapal. Kondisi kapal dapat dikelaskan dan diketahui dari sisa tebal item yang terpasang. Sedangkan tebal item-item yang terpasang pada kapal dapat diprediksi dengan perhitungan laju korosi. Berikut ini adalah hasil perhitungan perhitungan laju korosi.

Tabel 4.8 Laju korosi pada pelat

No	ITEM PLATE	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria
					Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]		
1	Keel Plate	16		15.2	0.3	0.3	14.9	0.0149	13.6	accepted
2	Bottom Plate	13		12.35	0.3	0.3	12.05	0.01205	11.05	accepted
3	Inner Bottom Plate	14		13.3	0.1	0.1	13.2	0.0132	11.9	accepted
4	Side Shell Plate	12		11.4	0.03	0.03	11.37	0.01137	10.2	accepted
5	Inner Side Shell Plate	12.5		11.875	0.1	0.1	11.775	0.011775	10.625	accepted
6	Deck Plate	12.5		11.875	0.1	0.1	11.775	0.011775	10.625	accepted
7	Long. Bulkhead Plate	12.5		11.875	0.1	0.1	11.775	0.011775	10.625	accepted
8	Bottom Girder Plate	11.5		10.925	0.1	0.1	10.825	0.010825	9.775	accepted
9	Wrang Plate	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted
10	Face Plate Long. Bulkhead	15		14.25	0.1	0.1	14.15	0.01415	12.75	accepted
11	Face Plate Wing Tank	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted
12	Side Stringer	10.5		9.975	0.1	0.1	9.875	0.009875	8.925	accepted
13	Face Plate Strong Beam	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted

Tabel 4.9 Laju korosi pada *side longitudinal*

No	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria	
				Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]			
1	10	SIDE SHELL LONGITUDINAL	9.5	0.03	0.03	9.47	0.00947	8.5	accepted	
2	10		9.5	0.03	0.03	9.47	0.00947	8.5	accepted	
3	10		9.5	0.03	0.03	9.47	0.00947	8.5	accepted	
4	10		9.5	0.03	0.03	9.47	0.00947	8.5	accepted	
5	10		9.5	0.03	0.03	9.47	0.00947	8.5	accepted	
6	-		-	-	-	-	-	-	-	-
7	11		10.45	0.03	0.03	10.42	0.01042	9.35	accepted	
8	11		10.45	0.03	0.03	10.42	0.01042	9.35	accepted	
9	11		10.45	0.03	0.03	10.42	0.01042	9.35	accepted	
10	11		10.45	0.03	0.03	10.42	0.01042	9.35	accepted	
11	-		-	-	-	-	-	-	-	-
12	12		11.4	0.03	0.03	11.37	0.01137	10.2	accepted	
13	12		11.4	0.03	0.03	11.37	0.01137	10.2	accepted	
14	11		10.45	0.03	0.03	10.42	0.01042	9.35	accepted	
15	11		10.45	0.03	0.03	10.42	0.01042	9.35	accepted	
16	-		-	-	-	-	-	-	-	-
17	11		10.45	0.03	0.03	10.42	0.01042	9.35	accepted	
18	11		10.45	0.03	0.03	10.42	0.01042	9.35	accepted	

Tabel 4.10 Laju korosi pada pembujur *inner shell longitudinal bulkhead*

No	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria	
				Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]			
1	10	INNER SHELL BULKHEAD LONGITUDINALS	9.5	0.1	0.1	9.4	0.0094	8.5	accepted	
2	10		9.5	0.1	0.1	9.4	0.0094	8.5	accepted	
3	10		9.5	0.1	0.1	9.4	0.0094	8.5	accepted	
4	10		9.5	0.1	0.1	9.4	0.0094	8.5	accepted	
5	10		9.5	0.1	0.1	9.4	0.0094	8.5	accepted	
6	-		-	-	-	-	-	-	-	-
7	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted	
8	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted	
9	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted	
10	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted	
11	-		-	-	-	-	-	-	-	-
12	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted	
13	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted	
14	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted	
15	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted	
16	-		-	-	-	-	-	-	-	-
17	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted	
18	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted	

Tabel 4.11 Laju korosi pada pembujur *Longitudinal bulkhead*

No	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria
				Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]		
1	10	CENTER BULKHEAD LONGITUDINALS	9.5	0.1	0.1	9.4	0.0094	8.5	accepted
2	10		9.5	0.1	0.1	9.4	0.0094	8.5	accepted
3	10		9.5	0.1	0.1	9.4	0.0094	8.5	accepted
4	10		9.5	0.1	0.1	9.4	0.0094	8.5	accepted
5	10		9.5	0.1	0.1	9.4	0.0094	8.5	accepted
6	10		9.5	0.1	0.1	9.4	0.0094	8.5	accepted
7	10		9.5	0.1	0.1	9.4	0.0094	8.5	accepted
8	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted
9	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted
10	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted
11	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted
12	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
13	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
14	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
15	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted
16	11		10.45	0.1	0.1	10.35	0.01035	9.35	accepted
17	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
18	-		-	-	-	-	-	-	-

Tabel 4.12 Laju korosi pada *deck longitudinal*

No	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria
				Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]		
1	12	DECK LONGITUDINALS	11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
2	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
3	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
4	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
5	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
6	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
7	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
8	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
9	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
10	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
11	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
12	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
13	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
14	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
15	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
16	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
17	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
18	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
19	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
20	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
21	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
22	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
23	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
24	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
25	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
26	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
27	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
28	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
29	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
30	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
31	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
32	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted

Tabel 4.13 Laju korosi pada *bottom longitudinal*

No	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria
				Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]		
1	12	BOTTOM LONGITUDINALS	11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
2	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
3	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
4	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
5	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
6	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
7	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
8	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
9	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
10	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
11	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
12	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
13	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
14	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
15	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
16	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
17	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
18	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
19	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
20	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
21	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
22	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
23	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
24	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
25	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
26	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted

Tabel 4.14 Laju korosi pada *inner bottom longitudinal*

No	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria
				Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]		
1	12	INNER BOTTOM LONGITUDINALS	11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
2	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
3	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
4	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
5	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
6	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
7	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
8	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
9	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
10	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
11	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
12	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
13	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
14	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
15	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
16	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
17	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
18	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
19	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
20	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
21	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
22	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
23	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
24	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
25	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted
26	12		11.4	0.1	0.1	11.3	0.0113	10.2	accepted

Dari perhitungan laju korosi yang terlihat pada Tabel 4.8 hingga Tabel 4.14 dapat diketahui bahwa pada variasi ini tidak perlu ada penggantian pelat maupun pembujur.

4.6 Pengecekan Modulus Penampang

Pengecekan modulus penampang dimaksudkan untuk mengetahui apakah tegangan maksimum yang terjadi pada kapal melebihi dari tegangan ijin yang ditentukan oleh *class rule*. Pada tesis ini pengecekan modulus penampang menggunakan *class* BKI. Berikut adalah hasil perhitungan untuk pengecekan modulus penampang.

Tabel 4.15 Pengecekan modulus penampang

No	Nama bagian	Jml [n]	Lebar (mm) [b]	Tinggi (mm) [h]	Luas Total (mm ²) [A _T]	Titik berat thd Base (mm) [Z]	Momen (mm ³) [A _T x z]	A _T x Z ² (mm ⁴)	M.Inersia Individu (mm ⁴) [1/12 x b x h ³]
1	Keel Plate	1	1780	14.90	26522	7.45	1.98E+05	1.47E+06	4.91E+05
2	Bottom Plate	1	28720	12.05	346076	6.025	2.09E+06	1.26E+07	4.19E+06
3	Inner Bottom Plate	1	30500	13.20	402600	2006.60	8.08E+08	1.62E+12	5.85E+06
4	Side Shell Plate								
	Side Shell Plate 1	2	11.37	1600	36384	14400	5.24E+08	7.54459E+12	7.76E+09
	Side Shell Plate 2	2	11.37	1700	38658	12720	4.92E+08	6.2548E+12	9.31E+09
	Side Shell Plate 3	2	11.37	2380	54121.2	10740	5.81E+08	6.24275E+12	2.55E+10
	Side Shell Plate 4	2	11.37	2380	54121.2	8440	4.57E+08	3.8525E+12	2.55E+10
	Side Shell Plate 5	2	11.37	2380	54121.2	6100	3.30E+08	2.01385E+12	2.55E+10
	Side Shell Plate 6	2	11.37	1780	40477.2	4100	1.66E+08	6.80422E+11	1.07E+10
	Side Shell Plate 7	2	11.37	1250	28425	2650	7.53E+07	1.99615E+11	3.70E+09
	Side Shell Plate 8	2	11.37	1506	34246.44	1270	4.35E+07	55236083076	6.47E+09
Side Shell Plate 9	2	11.37	494	11233.56	250	2.81E+06	702097500	2.28E+08	

5	Inner Side Shell Plate									
	Inner Side Shell Plate 1	2	11.775	2380	56049	14080	7.89E+08	1.11115E+13	2.65E+10	
	Inner Side Shell Plate 2	2	11.775	1770	41683.5	12070	5.03E+08	6.07266E+12	1.09E+10	
	Inner Side Shell Plate 3	2	11.775	1480	34854	10500	3.66E+08	3.84265E+12	6.36E+09	
	Inner Side Shell Plate 4	2	11.775	1780	41919	8920	3.74E+08	3.33534E+12	1.11E+10	
	Inner Side Shell Plate 5	2	11.775	2380	56049	6910	3.87E+08	2.67623E+12	2.65E+10	
	Inner Side Shell Plate 6	2	11.775	2380	56049	4610	2.58E+08	1.19116E+12	2.65E+10	
	Inner Side Shell Plate 7	2	11.775	2000	47100	2710	1.28E+08	3.45907E+11	1.57E+10	
6	Deck Plate	1	30500	11.775	359137.5	15594.11	5.60E+09	8.73337E+13	4.15E+06	
6	Long. Bulkhead Plate									
	Pelat sekat memanjang 1	1	11.775	2350	27671.25	14460	4.00E+08	5.78583E+12	1.27E+10	
	Pelat sekat memanjang 2	1	11.775	2230	26258.25	12250	3.22E+08	3.94038E+12	1.09E+10	
	Pelat sekat memanjang 3	1	11.775	2380	28024.5	10020	2.81E+08	2.81367E+12	1.32E+10	
	Pelat sekat memanjang 4	1	11.775	2380	28024.5	7710	2.16E+08	1.66589E+12	1.32E+10	
	Pelat sekat memanjang 5	1	11.775	2380	28024.5	5410	1.52E+08	8.20224E+11	1.32E+10	
	Pelat sekat memanjang 6	1	11.775	2380	28024.5	3100	8.69E+07	2.69315E+11	1.32E+10	
7	Bottom Longitudinal									
	320 x 12 HP	26	11.3	320	94016	172.05	1.62E+07	2782986654	8.02E+08	
8	Inner Bottom Longitudinals									
	320 x 12 HP	28	11.3	320	101248	1840	1.86E+08	3.42785E+11	8.64E+08	
9	Side Longitudinals									
	220 x 10 HP	2	220	9.47	4166.8	14770	6.15E+07	9.09E+11	3.11E+04	
	220 x 10 HP	2	220	9.47	4166.8	13970	5.82E+07	8.13196E+11	3.11E+04	
	220 x 10 HP	2	220	9.47	4166.8	13170	5.49E+07	7.22727E+11	3.11E+04	
	220 x 10 HP	2	220	9.47	4166.8	12370	5.15E+07	6.37591E+11	3.11E+04	
	220 x 10 HP	2	220	9.47	4166.8	11570	4.82E+07	5.57788E+11	3.11E+04	
	-									
	260 x 11 HP	2	260	10.42	5418.4	10130	5.49E+07	5.56019E+11	4.90E+04	
	260 x 11 HP	2	260	10.42	5418.4	9330	5.06E+07	4.71666E+11	4.90E+04	
	260 x 11 HP	2	260	10.42	5418.4	8530	4.62E+07	3.94248E+11	4.90E+04	
	260 x 11 HP	2	260	10.42	5418.4	7730	4.19E+07	3.23765E+11	4.90E+04	
	-									
	280 x 12 HP	2	280	11.37	6367.2	6250	3.98E+07	2.48719E+11	6.86E+04	
	280 x 12 HP	2	280	11.37	6367.2	5450	3.47E+07	1.89122E+11	6.86E+04	
	300 x 11 HP	2	300	10.42	6252	4650	2.91E+07	1.35184E+11	5.66E+04	
	300 x 11 HP	2	300	10.42	6252	3850	2.41E+07	92670270000	5.66E+04	
	-									
	300 x 11 HP	2	300	10.42	6252	2800	1.75E+07	49015680000	5.66E+04	
	300 x 11 HP	2	300	10.42	6252	2000	1.25E+07	25008000000	5.66E+04	
10	Centre Bulkhead Longitudinals									
	220 x 10 HP	1	220	9.4	2068	14770	3.05E+07	4.5114E+11	1.52E+04	
	220 x 10 HP	1	220	9.4	2068	13970	2.89E+07	4.03593E+11	1.52E+04	
	220 x 10 HP	1	220	9.4	2068	13170	2.72E+07	3.58692E+11	1.52E+04	
	220 x 10 HP	1	220	9.4	2068	12370	2.56E+07	3.16439E+11	1.52E+04	
	220 x 10 HP	1	220	9.4	2068	11570	2.39E+07	2.76833E+11	1.52E+04	
	220 x 10 HP	1	220	9.4	2068	10770	2.23E+07	2.39873E+11	1.52E+04	
	220 x 10 HP	1	220	9.4	2068	10130	2.09E+07	2.12212E+11	1.52E+04	
	260 x 11 HP	1	260	10.35	2691	9330	2.51E+07	2.34249E+11	2.40E+04	
	260 x 11 HP	1	260	10.35	2691	8530	2.30E+07	1.958E+11	2.40E+04	
	260 x 11 HP	1	260	10.35	2691	7730	2.08E+07	1.60795E+11	2.40E+04	
	260 x 11 HP	1	260	10.35	2691	6930	1.86E+07	1.29235E+11	2.40E+04	
	280 x 12 HP	1	280	11.3	3164	6250	1.98E+07	1.23594E+11	3.37E+04	
	280 x 12 HP	1	280	11.3	3164	5450	1.72E+07	93978710000	3.37E+04	
	280 x 12 HP	1	280	11.3	3164	4650	1.47E+07	68413590000	3.37E+04	
	300 x 11 HP	1	300	10.35	3105	3850	1.20E+07	46023862500	2.77E+04	
	300 x 11 HP	1	300	10.35	3105	3050	9.47E+06	28884262500	2.77E+04	
	280 x 12 HP	1	280	11.3	3164	2800	8.86E+06	24805760000	3.37E+04	
11	Inner Shell Bulkhead Longitudinals									
	220 x 10 HP	2	220	9.4	4136	14770	6.11E+07	9.0228E+11	3.05E+04	
	220 x 10 HP	2	220	9.4	4136	13970	5.78E+07	8.07185E+11	3.05E+04	
	220 x 10 HP	2	220	9.4	4136	13170	5.45E+07	7.17385E+11	3.05E+04	
	220 x 10 HP	2	220	9.4	4136	12370	5.12E+07	6.32878E+11	3.05E+04	
	220 x 10 HP	2	220	9.4	4136	11570	4.79E+07	5.53665E+11	3.05E+04	
	-									
	260 x 11 HP	2	260	10.35	5382	10130	5.45E+07	5.52284E+11	4.80E+04	
	260 x 11 HP	2	260	10.35	5382	9330	5.02E+07	4.68497E+11	4.80E+04	
	260 x 11 HP	2	260	10.35	5382	8530	4.59E+07	3.91599E+11	4.80E+04	
	260 x 11 HP	2	260	10.35	5382	7730	4.16E+07	3.2159E+11	4.80E+04	
	-									
	280 x 12 HP	2	280	11.3	6328	6250	3.96E+07	2.47188E+11	6.73E+04	
	280 x 12 HP	2	280	11.3	6328	5450	3.45E+07	1.87957E+11	6.73E+04	
	300 x 11 HP	2	300	10.35	6210	4650	2.89E+07	1.34276E+11	5.54E+04	
	300 x 11 HP	2	300	10.35	6210	3850	2.39E+07	92047725000	5.54E+04	
	-									
	200 x 11 HP	2	200	10.35	4140	2700	1.12E+07	30180600000	3.70E+04	
	200 x 11 HP	2	200	10.35	4140	2300	9.52E+06	21900600000	3.70E+04	
11	Deck Longitudinals									
	220 x 12 HP	32	11.3	220	79552	15484.1125	1.23E+09	1.90732E+13	3.21E+08	
					2460590.3		16365539730	1.94643E+14	3.1672E+11	
					S ₁		S ₂	S ₃	S ₄	

$$\begin{aligned} \text{Titik Berat terhadap dasar (Z}_1) &= S_2 / S_1 \\ &= 16365539730.469 / 2460590.30 \\ &= 6651.062 \text{ mm} \quad 6.651062442 \text{ m} \\ \text{Titik Berat terhadap deck (Z}_2) &= H - Z_1 \\ &= 8948.94 \text{ mm} \quad 8.948937558 \text{ m} \\ I_{xx} &= S_3 + S_4 = 194642756078470.000 + 316719984450.65 \\ &= 1.95E+14 \text{ mm}^4 \\ I_{NA} &= I_{xx} - (Z_1)^2 \cdot S_1 = 194959476062921.000 - [(6651.06^2) \times 2460590.300] \\ &= 8.61E+13 \text{ mm}^4 \\ \text{Modulus penampang thd bottom (W}_{bot}) &= I_{NA} / Z_1 \\ &= 86111249411961.600 / 6651.06 \\ &= 1.29E+10 \text{ mm}^3 \quad 12.9 \text{ m}^3 \\ \text{Modulus penampang thd deck (W}_{deck}) &= I_{NA} / Z_2 \\ &= 86111249411961.600 / 8948.94 \\ &= 9.62E+09 \text{ mm}^3 \quad 9.6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

PEMERIKSAAN KEKUATAN KAPAL

VI.1.	Data - data Perhitungan				
	L =	167.81	m	Y _{NA} =	6.65E+03 mm
	H =	15.60	cm	I _{NA} =	8.61E+13 mm ⁴
	B =	30.50	m	W _{bottom} =	1.29E+10 mm ³
	C _b =	0.78		W _{deck} =	9.62E+09 mm ³
	k =	1			

VI.2.	Pengecekan Tegangan				
	M still water =	7.20E+05	kNm		
	M Shagging =	8.31E+05	kNm		
	M hogging =	6.45E+05	kNm		
	1. Momen Total			(dianggap momen maximum di midship)	
	M(x)swmax =	M still water + M shagging/hogging			
		= 1.55E+06	kNm		
		= 1.55E+12	Nmm		719.876.373.830.07
				(Geladak mengalami beban tarik, bottom mengalami beban tekan)	

$$\begin{aligned} \sigma_{deck} &= M_{max} / W_{deck} \\ &= 1551358947559.26 / 9622510924.646 \\ &= 161.222 \text{ N/mm}^2 \quad 74.812 \\ \sigma_{bottom} &= M_{max} / W_{bottom} \\ &= 1551358947559.26 / 12946991575.809 \\ &= 119.824 \text{ kN/cm}^2 \quad 55.602 \end{aligned}$$

2. Longitudinal Stress (σ_p) yang diijinkan
 $\sigma_p = 190/k \text{ (N/mm}^2\text{)}$ untuk daerah 0.4 L amidship
 Dimana =
 $\sigma_{p0} = 190 / k$; untuk $L \geq 90 \text{ mm}$
 $= 190 / 1$
 $= 190$
 Jadi $\sigma_p = 190 \text{ N/mm}^2$

Kesimpulan
 Dari perhitungan di atas diperoleh :
 1. Pada Kondisi Momen Maksimum
 $\sigma_{deck} = 161.222 \text{ kg/cm}^2 < \text{tegangan maximum}$
 $\sigma_{bottom} = 119.824 \text{ kg/cm}^2 < \text{tegangan maximum}$

Dari perhitungan di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa σ_{deck} dan σ_{bottom} pada semua kondisi air tenang, kondisi hogging dan kondisi saggings memenuhi persyaratan BKI, karena kurang dari tegangan maximum (σ_{deck}) yang diijinkan.

4.7 Perhitungan Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bekerja pada suatu struktur dimana kondisi lingkungan yang menimbulkan suatu gerakan tidak diperhitungkan. Pada perhitungan ini kami menggunakan *Common structural rule (CSR)* sebagai dasar perhitungan. Kondisi beban (*load condition*) yang diaplikasikan untuk skenario tesis ini adalah kondisi penuh (*full load*), 0.6 draft, 0.2 draft, dan kondisi ballast. Berikut ini adalah rincian perhitungan beban statis.

BEBAN STATIS

$$\text{Phys} = \rho_{\text{sw}}(TLC-z) \text{ kN/m}^2$$

dimana :

$$\rho_{\text{sw}} = \text{density of sea water , } 1.025 \text{ tonnes/m}^3$$

$$TLC = \text{draught in the loading condition being considered, in m}$$

$$= 10.8 \text{ m}$$

$$= 9.80 \text{ m}$$

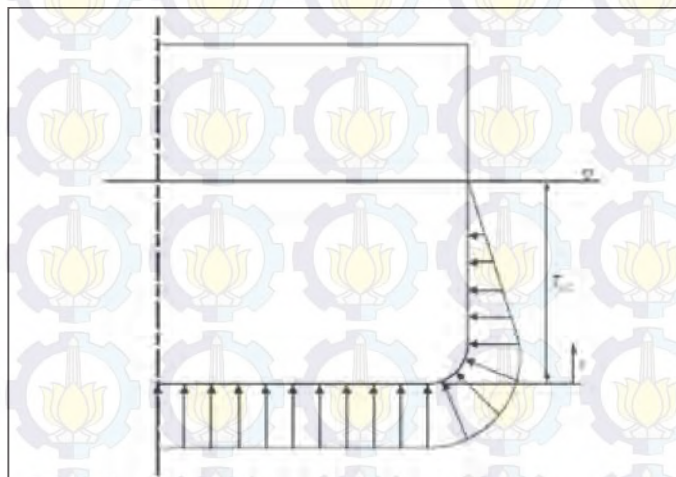
$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

Full Load

z [m]	Phys [kN/m ³]
0	108.60
0.3515	105.06
1.2	96.53
10.8	0.00

Ballast

z [m]	Phys [kN/m ³]
0	98.51
0.3515	94.98
1.2	86.44
8.761	10.42



$$\text{Pin-tk} = \rho g Z_{tk} \text{ kN/m}^2$$

dimana :

$$\rho = \text{tidak kurang dari 0.9 untuk muatan cair , } 0.9 \text{ tonnes/m}^3$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$Z_{tk} = \text{jarak vertikal dari titik tertinggi tangki ke titik pusat beban [m]}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1.025$$

z [m]	Pin-tk [kN/m ³]
0	0
9.67	85.37643

z [m]	Pin-tk [kN/m ³]
0	0
9.67	97.2342675

4.8 Perhitungan Beban Dinamis

BEBAN DINAMIS

$$U_{roll} = \frac{2.30 \text{ roll-gyr}}{\sqrt{GM}}$$

$$\theta = \frac{50}{B + 75} (1.25 - 0.025 U_{roll}) f_{bk} \text{ rads}$$

$$U_{pitch} = f_v \sqrt{0.6 \frac{2\pi}{g} (1 + f_T) L} \text{ s}$$

Where:

$$f_v = 1.0 + \frac{V_0}{V} \left(\frac{L}{525} - 0.67 \right)$$

$$f_T = \frac{T_{LC}}{T_{sc}}$$

V_0 vessel speed, in knots, is to be taken as:

0 for scantling requirements and strength assessment

0.75V for fatigue strength

V maximum service speed, in knots, as defined in Section 4/1.1.8.1

T_{sc} scantling draught, in m, as defined in Section 4/1.1.5.5

T_{LC} draught in the loading condition being considered, in m

L rule length, in m, as defined in Section 4/1.1.1.1

3.2.3.2 The pitch angle, φ , is to be taken as:

$$\varphi = 960 \left(\frac{V_1}{C_b} \right)^{0.25} \frac{1}{L} \frac{\pi}{180} \text{ radians}$$

Where:

V_1 vessel speed, in knots. Is to be taken as V, but not to be taken as less than 10

V maximum service speed, in knots, as defined in Section 4/1.1.8.1

C_b block coefficient, as defined in Section 4/1.1.9.1

L rule length, in m, as defined in Section 4/1.1.1.1

Tabel 4.16 Rekap item beban dinamis

	Full Load	0.6 Tsc	0.2 Tsc	Ballast
GM	3.66	7.32	7.32	10.07
roll-gyr	10.68	12.20	12.20	13.73
Uroll	12.83	10.37	10.37	9.95
fbk	1.00	1.00	1.00	1.00

ship with bilge keels

B	30.50	30.50	30.50	30.50	
e	0.44	0.47	0.47	0.47	rads
L	167.81	167.81	167.81	167.81	
Tsc	8.98	8.98	8.98	8.98	
TLC	8.98	5.39	3.59	2.00	
V	12.50	12.50	12.50	12.50	
Vo	9.38	9.38	9.38	9.38	0.75 V for fatigue strength
fv	0.74	0.74	0.74	0.74	
ft	1.00	0.60	0.40	0.22	
U pitch	33.14	19.89	13.26	7.38	sec
V1	12.50	12.50	12.50	12.50	
Cb	0.78	0.78	0.78	0.78	
φ	0.20	0.20	0.20	0.20	rads

4.9 Total Beban

Hasil perhitungan beban dinamis dijumlahkan menjadi total beban sebagai berikut :

4.9.1 Beban Gelombang Dinamis Full Load

Beban gelombang dinamis diperoleh dari kombinasi dari lebar kapal dan arah datang gelombang, dimana untuk besarnya beban yang terjadi akibat arah gelombang *headsea*, *beam sea*, dan *oblique sea* ditentukan oleh *dynamic factor*. Beban gelombang dinamis didapatkan dari hasil yang lebih besar antara kedua rumus berikut,

$$P_1 = 2f_{prob}f_{nl-P1} \left[\left(P_{11} + \frac{135B_{local}}{4(B+75)} - 1.2(T_{LC} - z) \right) f_1 + \frac{135B_{local}}{4(B+75)} f_2 \right] \text{ kN/m}^2$$

$$P_2 = 26f_{prob}f_{nl-P2} \left[\left(\frac{B_{local}}{8} \theta + f_T C_b \frac{0.25B_{local} + 0.8C_{wv}}{14} \left(0.7 + \frac{2z}{T_{LC}} \right) \right) f_1 + \left(\frac{B_{local}}{8} \theta + f_T C_b \frac{0.25B_{local}}{14} \left(0.7 + \frac{2z}{T_{LC}} \right) \right) f_2 \right] \text{ kN/m}^2$$

dimana,

B_{local} local breadth at the waterline, for considered draught, not to be taken less than 0.5B, in m

θ roll angle, in rads, as defined in 3.2.2.2

$$P_{11} = (3f_s + 0.8)C_{wv}$$

- C_{cov} wave coefficient, as defined in 3.4.1.1
 L rule length, in m, as defined in Section 4/1.1.1.1
 B moulded breadth, in m, as defined in Section 4/1.1.3.1
 T_{LC} draught in the loading condition being considered, in m
 T_{sc} scantling draught, in m, as defined in Section 4/1.1.5.5
 C_b block coefficient, as defined in Section 4/1.1.9.1

$$f_1 = f_{ing} - \frac{f_{ing}}{f_V} f_2 + f_2$$

$$f_2 = 0.25 f_V \left(\frac{4|y|}{B_{local}} - 1 \right) \quad \text{for } |y| < 0.25 B_{local}$$

$$= f_V \left(\frac{4|y|}{B_{local}} - 1 \right) \quad \text{for } |y| \geq 0.25 B_{local}$$

$$f_T = \frac{T_{LC}}{T_{sc}}$$

$$f_s = C_b + \frac{1.33}{\sqrt{C_b}} \quad \text{at, and aft of A.P.}$$

$$= C_b \quad \text{between } 0.2L \text{ and } 0.7L \text{ from A.P.}$$

$$= C_b + \frac{1.33}{C_b} \quad \text{at, and forward of F.P.}$$

intermediate values to be obtained by linear interpolation

$$f_{ing} = 1.0 \quad \text{at, and aft of A.P.}$$

$$= 0.7 \quad \text{for } 0.2L \text{ to } 0.7L \text{ from A.P.}$$

$$= 1.0 \quad \text{at, and forward of F.P.}$$

intermediate values to be obtained by linear interpolation

y transverse coordinate, in m

z vertical coordinate, in m

f_{nl-P1} , f_{nl-P2} , f_{prob} , and f_V are given in 3.5.2.2 for scantling requirements and strength assessment application and in 3.5.2.3 for fatigue strength.

$$f_{nl-P1} \text{ dan } f_{nl-P2} = 1.0 .$$

Pada rumus pendekatan *Common Structural Rules*, f_{prob} adalah sebesar 0.5. Koefisien ini didapat berdasarkan penelitian yang mengambil sample *sea state* di *North Sea*. Karena pada tesis ini menggunakan *sea state* Laut Jawa, maka harga f_{prob} mungkin lebih kecil. Maka dari itu kami mengadopsi rumus dari *American Bureau of Shipping (ABS)* bahwa besarnya f_{prob} ditentukan oleh rumus berikut,

$$\beta = \frac{L_s}{L_u}$$

dimana,

L_s = most probable extreme value based on the intended site (100 years return period), transit (10 years return period), repair/inspection (1 year return period) and fatigue (20 years return period) environments for the dynamic load parameters.

L_u = most probable extreme value based on the North Atlantic environment for the dynamic load parameters

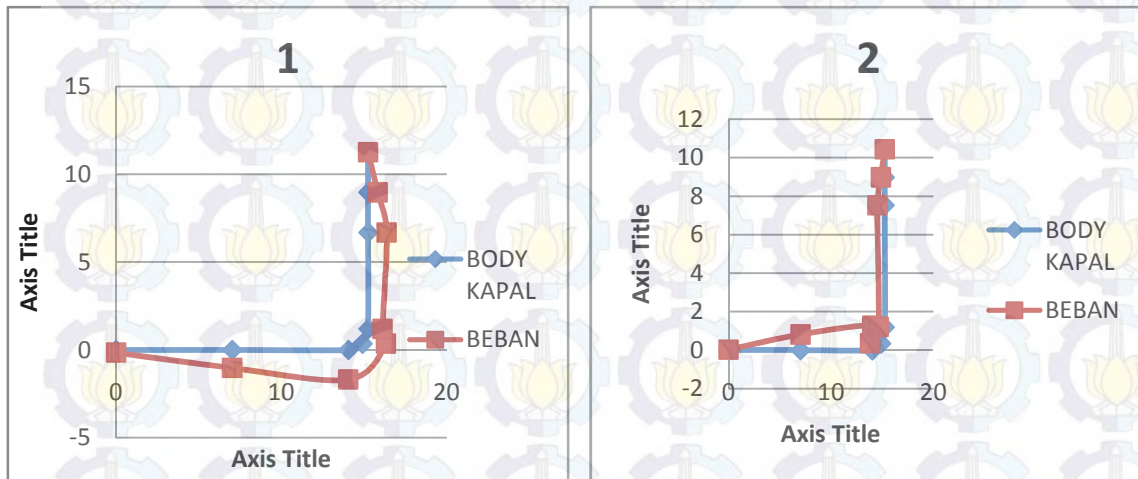
Sedangkan untuk nilai f_v (*dynamic factor*) ditentukan oleh arah datangnya gelombang (*headsea, beamsea, dan oblique*). Dimana nilai f_v secara rinci adalah sebagai berikut,

Table 4.17 *Dynamic Load Factor*

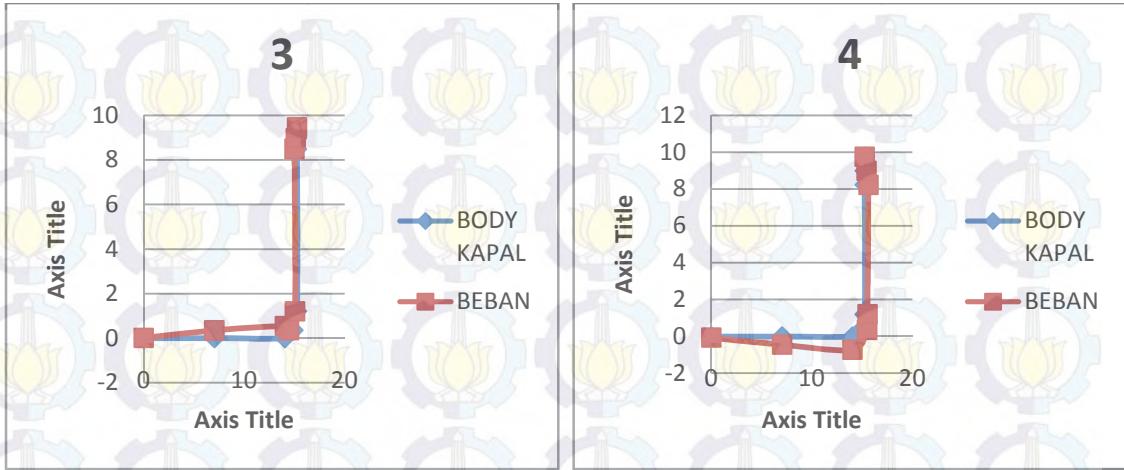
Load case	Index	Dynamic factor		Load case	Index	Dynamic factor	
Headsea	1	ftcr	-0.7	Following	3	ftcr	0.3
			-0.7				0.3
			-0.7				0.3
		fbilge	-0.3			fbilge	0.1
		fbilge	-0.3			fbilge	0.1
		fwl	-0.3			fwl	0.1
		fwl	-0.3			fwl	0.1
	2	ftcr	0.7	4	ftcr	-0.3	
			0.7			-0.3	
			0.7			-0.3	
		fbilge	0.3		fbilge	-0.1	
		fbilge	0.3		fbilge	-0.1	
		fwl	0.3		fwl	-0.1	
		fwl	0.3		fwl	-0.1	

Beam sea	5a	ftcr	0.9	Oblique sea	6a	ftcr	0.5
			0.9				0.5
			0.9				0.5
		fbilge	0.4			fbilge	0
		fbilge	0.4			fbilge	0
		fwl	0.4			fwl	0
		fwl	0.4			fwl	0
		0.4	fwl		0		
	5b	ftcr	0.9		6b	ftcr	0.5
			0.9				0.5
			0.9				0.5
		fbilge	1			fbilge	0.4
		fbilge	1			fbilge	0.4
		fwl	1			fwl	0.6
fwl		1	fwl	0.6			
	1	fwl	0.6				

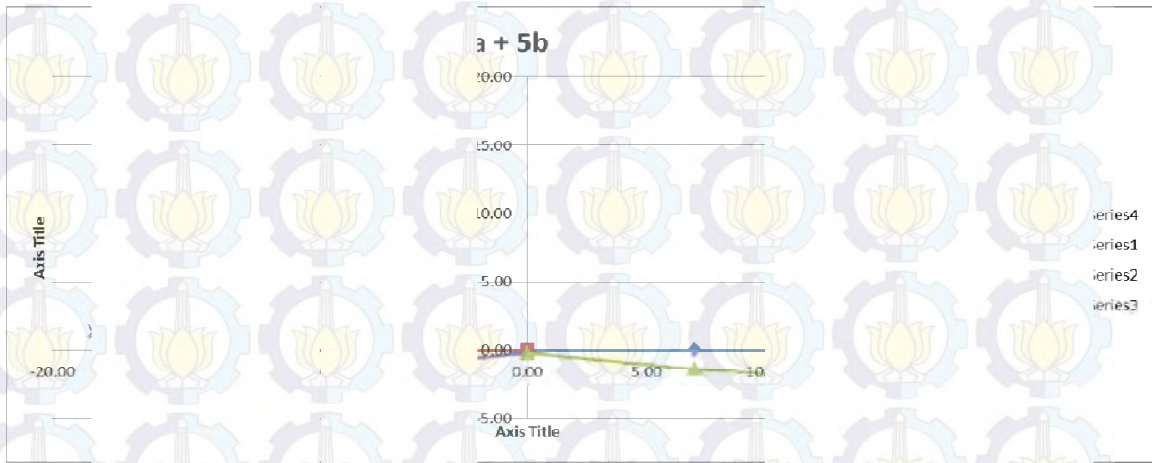
Dari rumus beban di atas dapat diperoleh nilai beban dinamis untuk masing masing kondisi arah gelombang. Berikut adalah grafik hasil perhitungan beban gelombang untuk kondisi muatan *full load*.



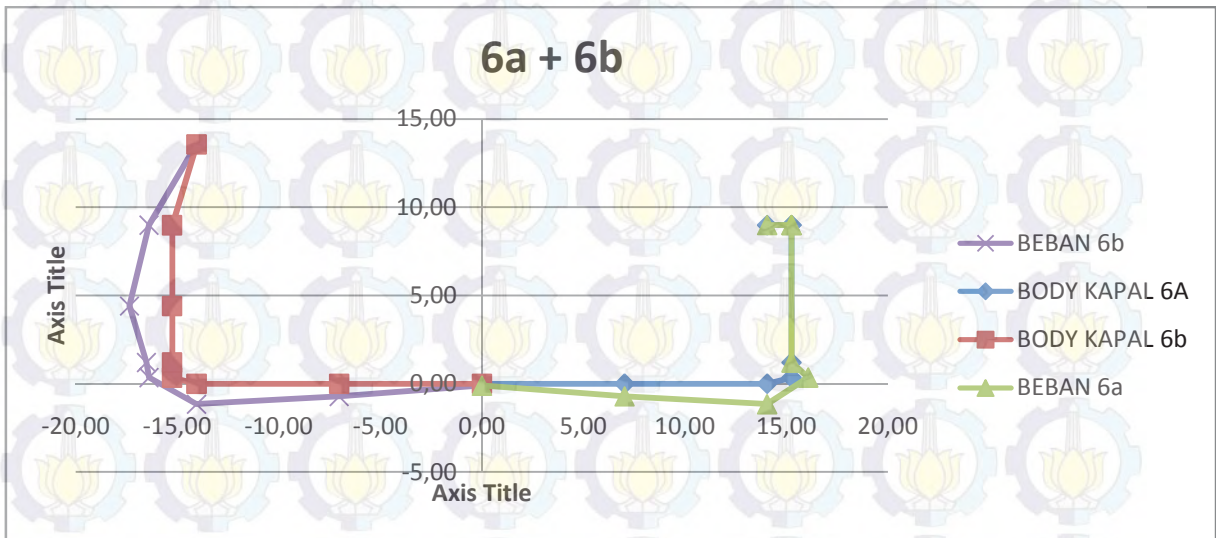
Gambar 4.2 M_{wv} arah gelombang *headsea*



Gambar 4.3 M_{WH} arah gelombang *headsea*

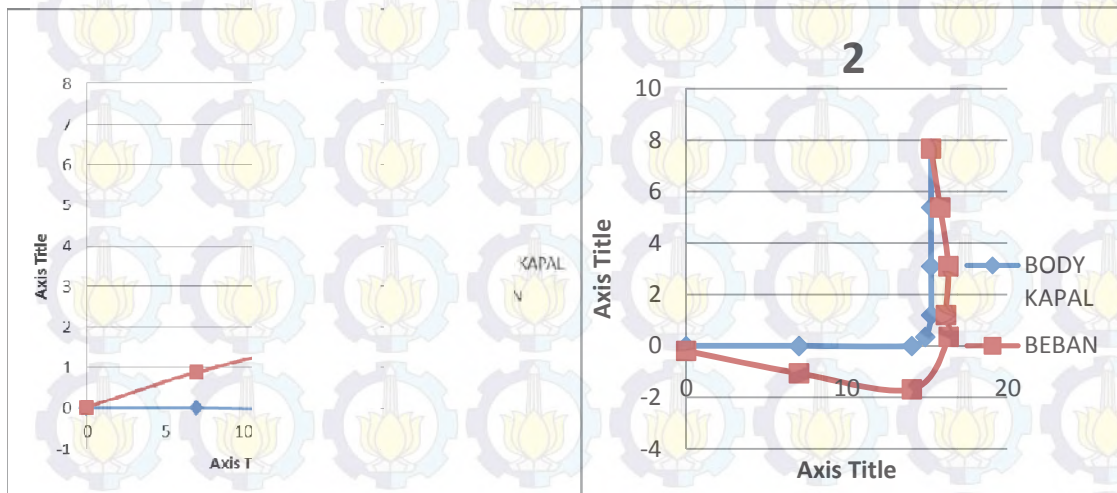


Gambar 4.4 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang *beam sea*

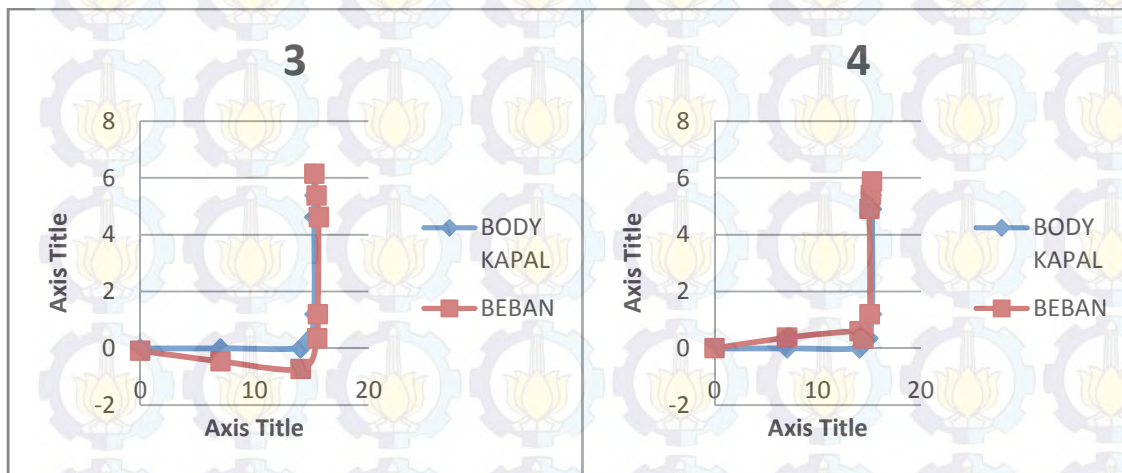


Gambar 4.5 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang *oblique sea*

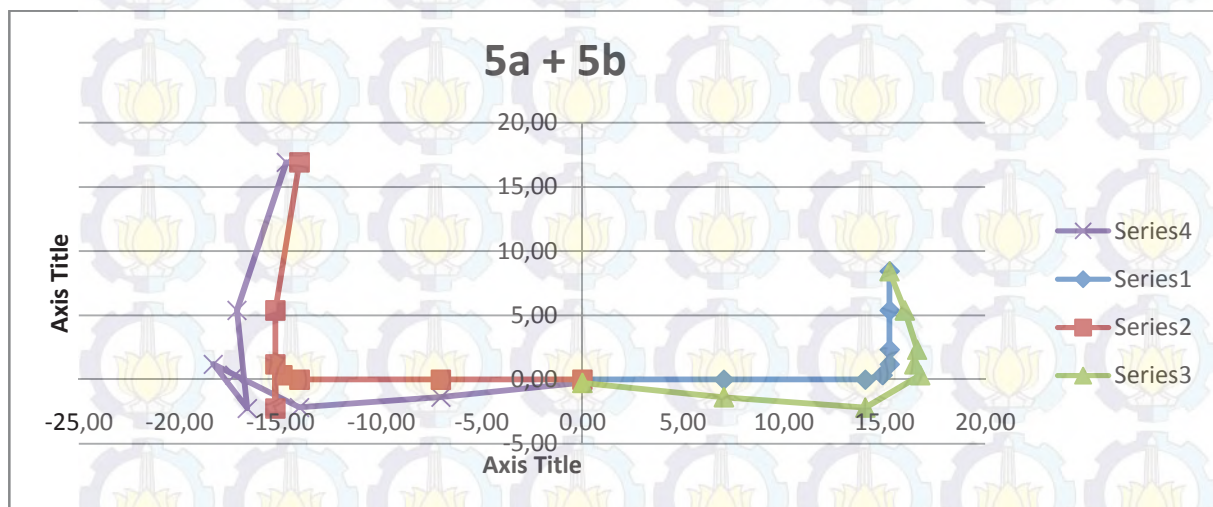
4.9.2 Beban Statis dan Dinamis 60% Full Load



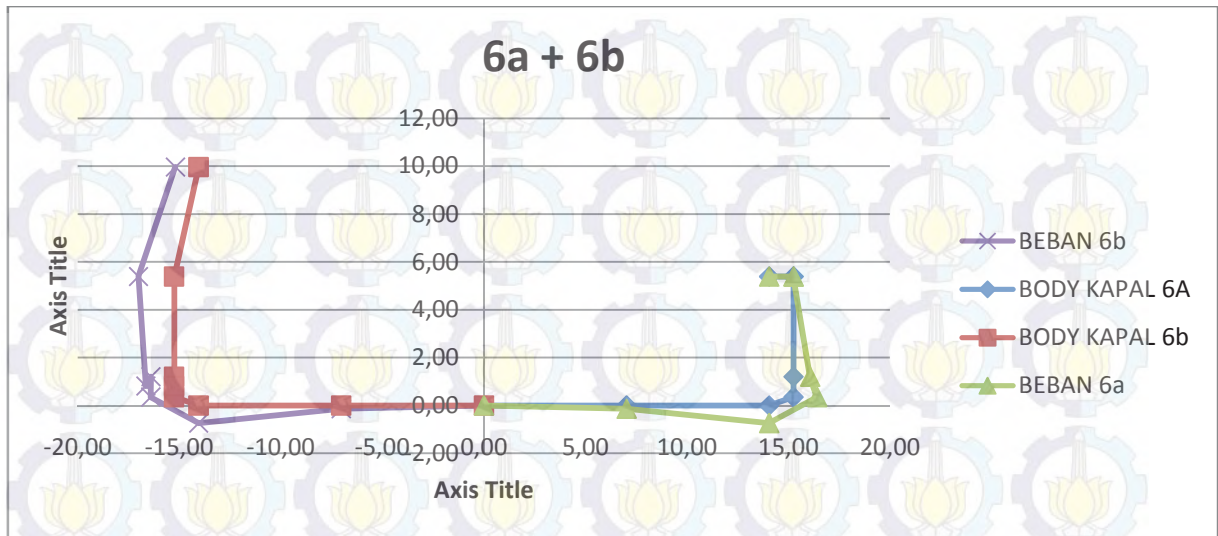
Gambar 4.6 M_{wv} arah gelombang *headsea*



Gambar 4.7 M_{wh} arah gelombang *headsea*



Gambar 4.8 M_{wv} dan M_{wh} arah gelombang *beam sea*



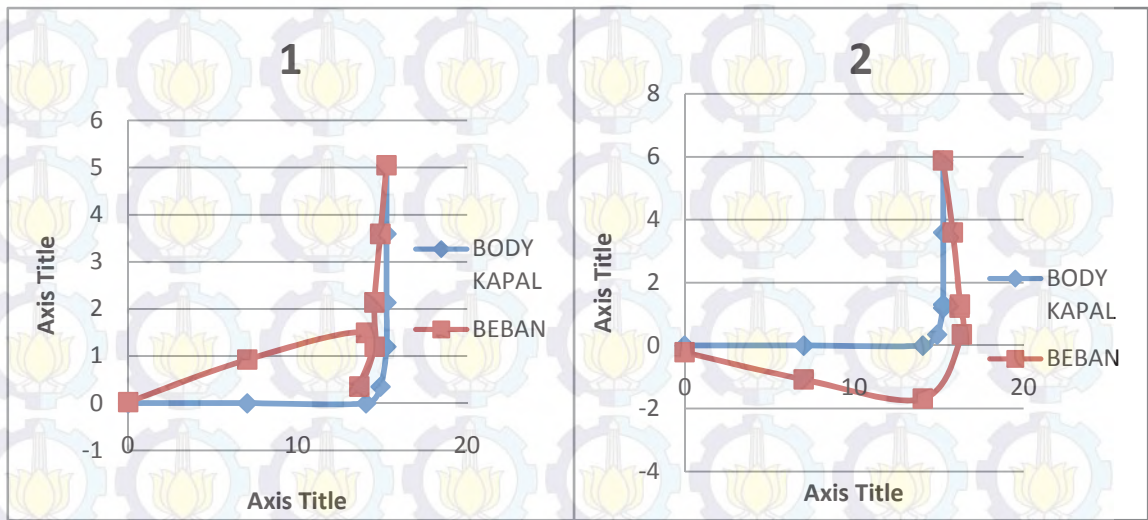
Gambar 4.9 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang *oblique sea*

4.9.3 Beban Statis dan Dinamis 40% Full Load

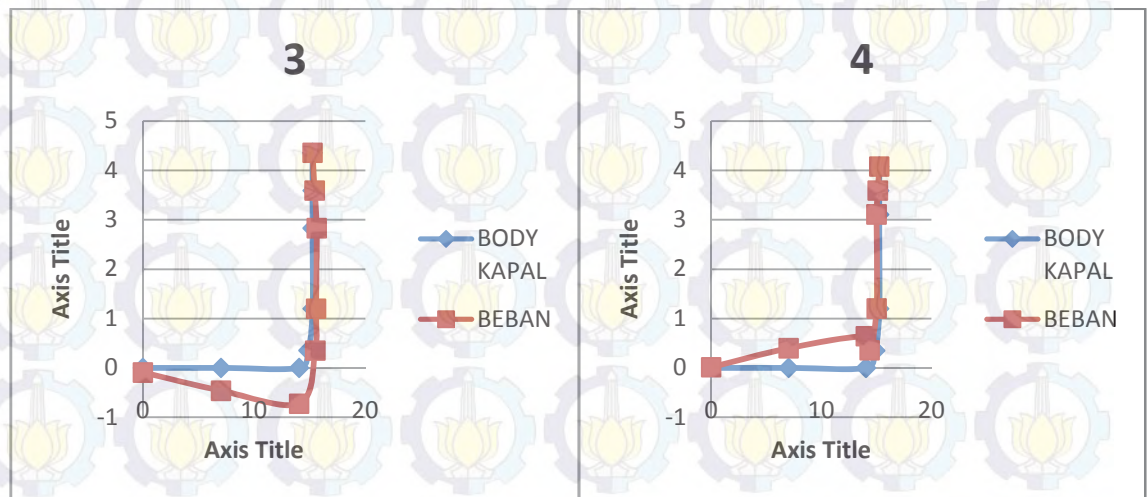
Tabel 4.17 Total beban 40% full load

Load case	Index	Koordinat		Pressure		Total Pressure	GUI Pressure
		x	y	Static	Dynamic		
Head sea	Mwv (Sagging)1	0	0		-0.48	-0.48	-0.48
		7.025	0		-18.49	-18.49	-18.49
		14.05	0		-29.85	-29.85	-29.85
		14.8985	0.3515		-25.12	-25.12	-25.12
		15.25	1.2		-13.97	-13.97	-13.97
		15.25	2.137258542		-14.34	-14.34	-14.34
		15.25	3.592		-7.27	-7.27	-7.27
		15.25	5.046741458		0.00	0.00	0.00
	2	0	0		4.32	4.32	4.32
		7.025	0		21.59	21.59	21.59
		14.05	0		33.76	33.76	33.76
		14.8985	0.3515		29.16	29.16	29.16
		15.25	1.2		19.67	19.67	19.67
		15.25	1.303786061		19.94	19.94	19.94
		15.25	3.592		11.44	11.44	11.44
		15.25	5.880213939		0.00	0.00	0.00
	3	0	0		1.85	1.85	1.85
		7.025	0		9.25	9.25	9.25
		14.05	0		14.47	14.47	14.47
		14.8985	0.3515		11.99	11.99	11.99
		15.25	1.2		6.56	6.56	6.56
		15.25	2.82926202		7.52	7.52	7.52
		15.25	3.592		3.81	3.81	3.81
		15.25	4.35473798		0.00	0.00	0.00
	4	0	0		-0.21	-0.21	-0.21
		7.025	0		-7.93	-7.93	-7.93
		14.05	0		-12.79	-12.79	-12.79
		14.8985	0.3515		-10.38	-10.38	-10.38
		15.25	1.2		-4.66	-4.66	-4.66
		15.25	3.107086181		-4.84	-4.84	-4.84
		15.25	3.592		-2.42	-2.42	-2.42
		15.25	4.076913819		0.00	0.00	0.00

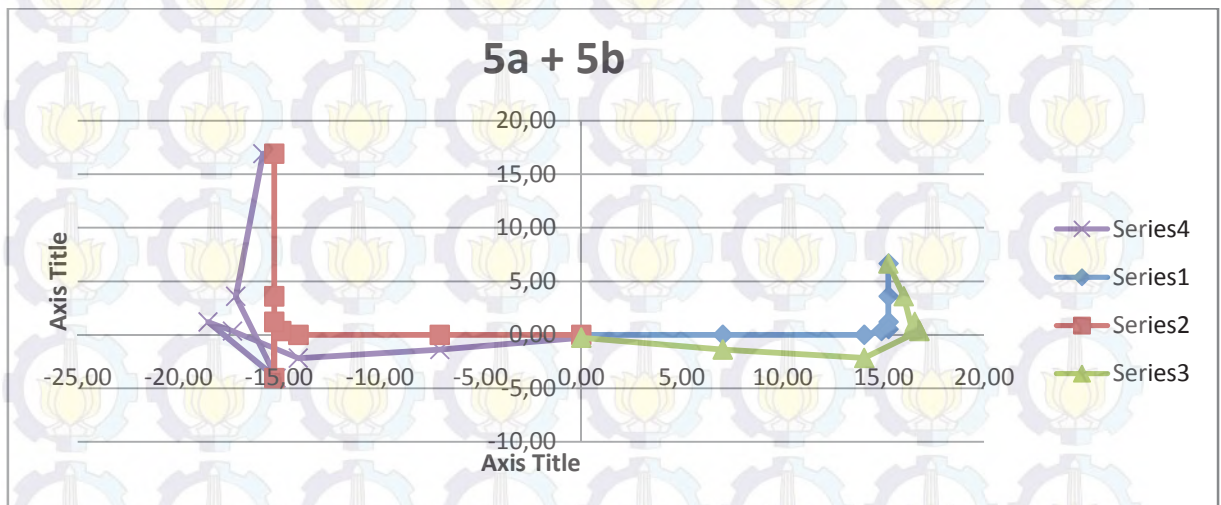
B e a m	5a	0	0	5.55	5.55	5.55
		7.025	0	27.76	27.76	27.76
		14.05	0	43.40	43.40	43.40
		14.8985	0.3515	37.74	37.74	37.74
		15.25	1.2	26.22	26.22	26.22
		15.25	0.541048081	23.54	23.54	23.54
		15.25	3.592	15.25	15.25	15.25
		15.25	6.642951919	0.00	0.00	0.00
s e a	5b	0	0	5.55	5.55	5.55
		-7.025	0	27.76	27.76	27.76
		-14.05	0	43.40	43.40	43.40
		-14.8985	0.3515	48.32	48.32	48.32
		-15.25	1.2	65.56	65.56	65.56
		-15.25	-4.035379798	-2.16	-2.16	-2.16
		-15.25	3.592	38.14	38.14	38.14
		-15.25	16.9	11.22	11.22	11.22
O b l i q u e	6a	0	0	0.00	0.00	0.00
		7.025	0	3.08	3.08	3.08
		14.05	0	15.42	15.42	15.42
		14.8985	0.3515	24.11	24.11	24.11
		15.25	1.2	17.05	17.05	17.05
		15.25	3.592	0.00	0.00	0.00
		15.25	3.592	0.00	0.00	0.00
		15.25	3.592	0.00	0.00	0.00
s e a	6b	0	0	0.00	0.00	0.00
		-7.025	0	3.08	3.08	3.08
		-14.05	0	15.42	15.42	15.42
		-14.8985	0.3515	24.11	24.11	24.11
		-15.25	1.2	24.10	24.10	24.10
		-15.25	-0.984427879	31.32	31.32	31.32
		-15.25	3.592	22.23	22.23	22.23
		-15.25	8.168427879	22.88	22.88	22.88
Total Pressure				20.012734	20.01	
GUI Pressure				20.012734	20.01	
				1.0006367	1.0006367	



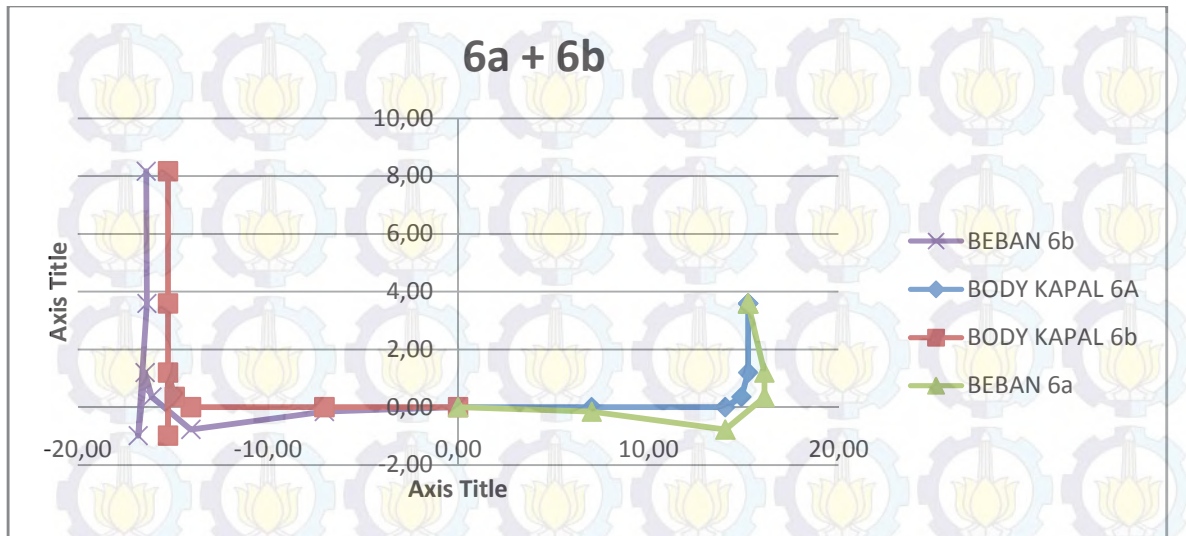
Gambar 4.10 M_{WV} arah gelombang *headsea*



Gambar 4.11 M_{WH} arah gelombang *headsea*



Gambar 4.12 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang *beam sea*



Gambar 4.13 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang *oblique sea*

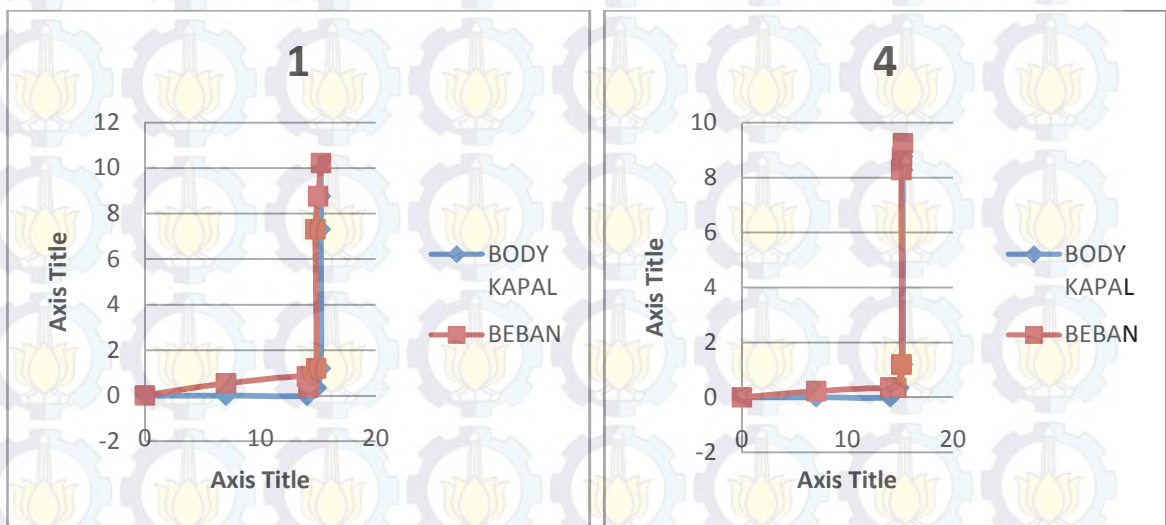
4.9.4 Beban Statis dan Dinamis Ballast Condition

Tabel 4.18 Total beban 40% ballast condition

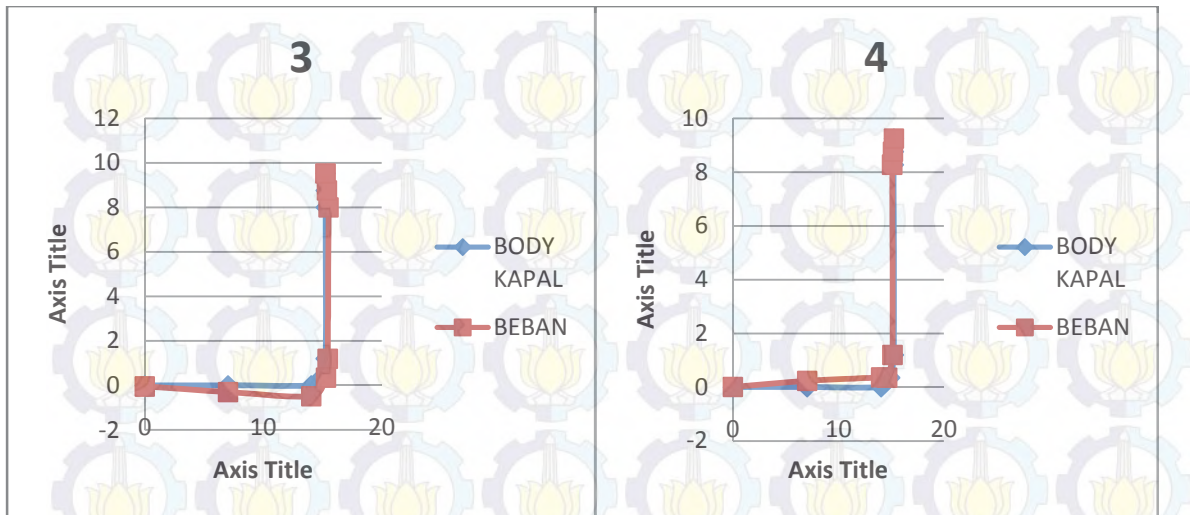
Load case	Index	Koordinat		Pressure		Total Pressure	GUI Pressure
		x	y	Static	Dynamic		
Head sea	Mwv (Sagging)1	0	0		-0.48	-0.48	-0.48
		7.025	0		-16.32	-16.32	-16.32
		14.05	0		-25.51	-25.51	-25.51
		14.8985	0.3515		-21.50	-21.50	-21.50
		15.25	1.2		-12.20	-12.20	-12.20
		15.25	7.306258542		-14.46	-14.46	-14.46
		15.25	8.761		-7.27	-7.27	-7.27
		15.25	10.21574146		0.00	0.00	0.00
	2	0	0		3.23	3.23	3.23
		7.025	0		20.72	20.72	20.72
		14.05	0		33.76	33.76	33.76
		14.8985	0.3515		28.74	28.74	28.74
		15.25	1.2		17.48	17.48	17.48
		15.25	6.472786061		22.39	22.39	22.39
		15.25	8.761		11.44	11.44	11.44
		15.25	11.04921394		0.00	0.00	0.00
	3	0	0		1.38	1.38	1.38
		7.025	0		8.88	8.88	8.88
		14.05	0		14.47	14.47	14.47
		14.8985	0.3515		11.85	11.85	11.85
		15.25	1.2		5.83	5.83	5.83
		15.25	7.99826202		7.61	7.61	7.61
		15.25	8.761		3.81	3.81	3.81
		15.25	9.52373798		0.00	0.00	0.00
	4	0	0		-0.21	-0.21	-0.21
		7.025	0		-7.00	-7.00	-7.00
		14.05	0		-10.93	-10.93	-10.93
		14.8985	0.3515		-8.89	-8.89	-8.89
15.25		1.2		-4.07	-4.07	-4.07	
15.25		8.276086181		-4.85	-4.85	-4.85	
15.25		8.761		-2.42	-2.42	-2.42	
15.25		9.245913819		0.00	0.00	0.00	

B e a m	5a	0	0	4.15	4.15	4.15	
		7.025	0	26.64	26.64	26.64	
		14.05	0	43.40	43.40	43.40	
		14.8985	0.3515	37.18	37.18	37.18	
		15.25	1.2	23.31	23.31	23.31	
		15.25	5.710048081	29.34	29.34	29.34	
		15.25	8.761	15.25	15.25	15.25	
		15.25	11.81195192	0.00	0.00	0.00	
	s e a	5b	0	0	4.15	4.15	4.15
			-7.025	0	26.64	26.64	26.64
			-14.05	0	43.40	43.40	43.40
			-14.8985	0.3515	46.92	46.92	46.92
			-15.25	1.2	58.27	58.27	58.27
			-15.25	1.133620202	57.96	57.96	57.96
-15.25			8.761	38.14	38.14	38.14	
O b l i q u e	6a	0	0	2.31	2.31	2.31	
		7.025	0	14.80	14.80	14.80	
		14.05	0	24.11	24.11	24.11	
		14.8985	0.3515	17.05	17.05	17.05	
		15.25	1.2	0.00	0.00	0.00	
		15.25	8.761	0.00	0.00	0.00	
		15.25	8.761	0.00	0.00	0.00	
	s e a	6b	0	0	2.31	2.31	2.31
			-7.025	0	14.80	14.80	14.80
			-14.05	0	24.11	24.11	24.11
			-14.8985	0.3515	23.54	23.54	23.54
			-15.25	1.2	25.40	25.40	25.40
			-15.25	4.184572121	41.81	41.81	41.81
			-15.25	8.761	22.88	22.88	22.88
-15.25	13.33742788	0.00	0.00	0.00			

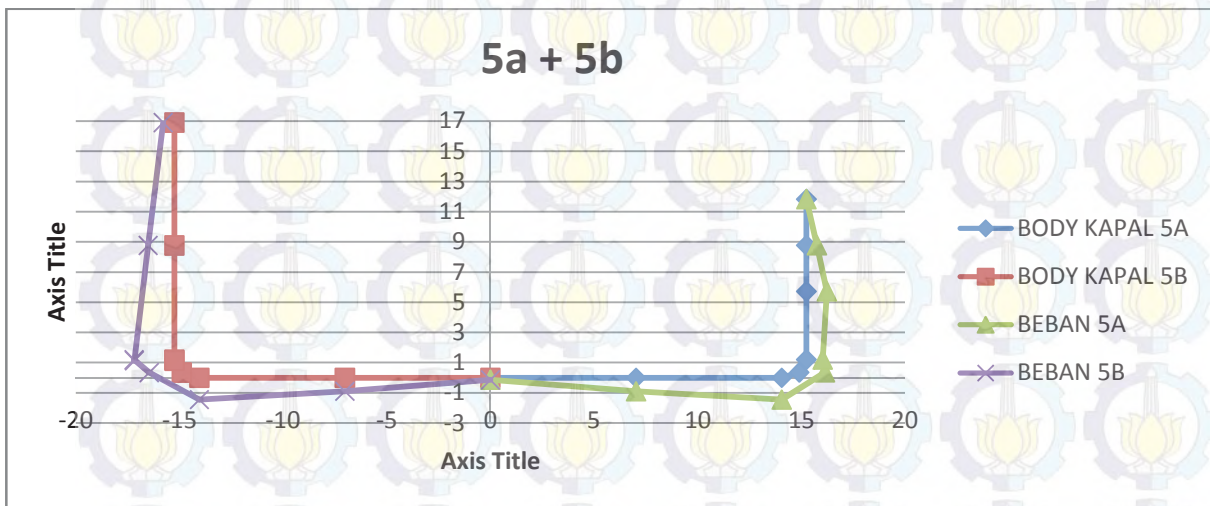
Total Pressure	23.07728	23.08
GUI Pressure	23.07728	23.08
	1.153864	1.153864



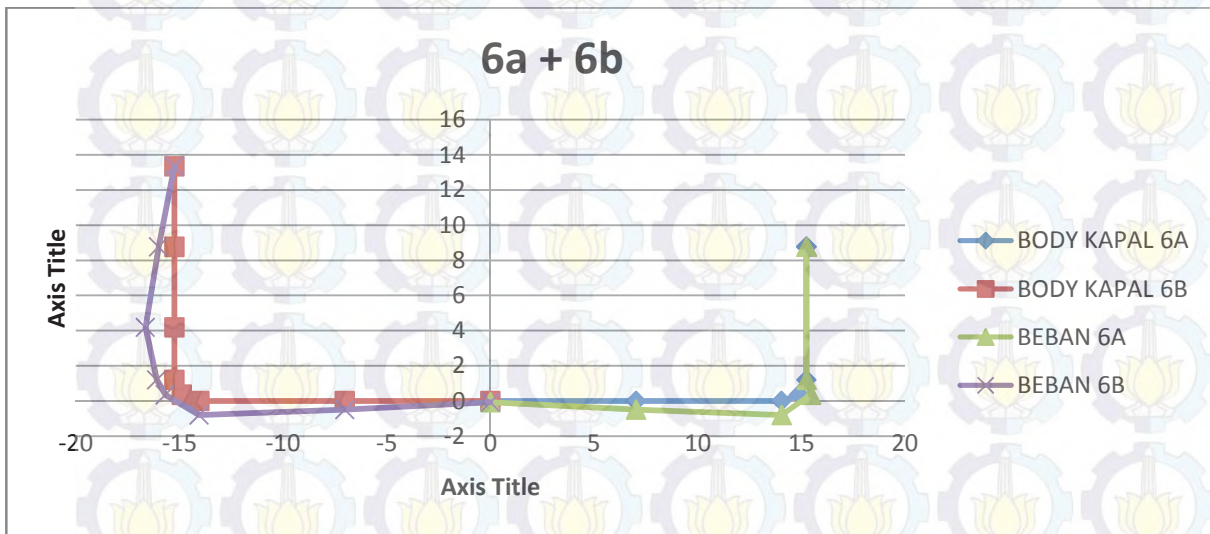
Gambar 4.14 M_{WV} arah gelombang *headsea*



Gambar 4.15 M_{WH} arah gelombang *headsea*



Gambar 4.16 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang *beam sea*



Gambar 4.17 M_{WV} dan M_{WH} arah gelombang *oblique sea*

4.10 Perhitungan *Hotspot Stress*

Pada perhitungan *hotspot stress analysis*, stress hogging dan sagging didapatkan dari persamaan 2.6 hingga persamaan 2.27. Berikut ini adalah hasil perhitungan *hotspot stress* dari masing-masing sambungan.

4.10.1 Sambungan 1 (S1)

Tabel 4.19 *Hotspot stress analysis* sambungan 1

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	8	-41	74	-16
3 & 4	8	-22	74	-7
5A & 5B	14	30	74	22
6A & 6B	10	22	74	16
1 & 2	10	-26	67	-8
3 & 4	-9	-23	67	-16
5A & 5B	13	27	67	20
6A & 6B	10	-50	67	-20

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	19	-81	74	-31
3 & 4	-8	-43	74	-26
5A & 5B	28	60	74	44
6A & 6B	20	-66	74	-23
1 & 2	10	-78	67	-34
3 & 4	9	-47	67	-19
5A & 5B	13	54	67	33
6A & 6B	10	50	67	30

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	8	-81	74	-37
3 & 4	8	-22	74	-7
5A & 5B	14	60	74	37
6A & 6B	10	44	74	27
1 & 2	19	-52	67	-16
3 & 4	-9	-23	67	-16
5A & 5B	26	27	67	26
6A & 6B	10	-25	67	-7

4.10.2 Sambungan 2 (S2)

Tabel 4.20 Hotspot stress analysis sambungan 2

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	-8	-41	90	-25
3 & 4	-7	-29	90	-18
5A & 5B	13	-29	90	-8
6A & 6B	-12	23	90	5
1 & 2	-9	30	68	10
3 & 4	-8	-25	68	-16
5A & 5B	-13	-34	68	-23
6A & 6B	-9	36	68	14

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	17	82	112	49
3 & 4	13	-58	112	-22
5A & 5B	-25	-58	112	-42
6A & 6B	24	45	112	35
1 & 2	-19	-60	84	-39
3 & 4	-8	-50	84	-29
5A & 5B	-13	-67	84	-40
6A & 6B	9	-36	84	-14

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	-8	-41	112	-25
3 & 4	-7	-58	112	-32
5A & 5B	13	-58	112	-23
6A & 6B	-12	-45	112	-29
1 & 2	-9	30	84	10
3 & 4	-8	-25	84	-16
5A & 5B	-13	-34	84	-23
6A & 6B	-9	36	84	14

4.10.3 Sambungan 3 (S3)

Tabel 4.21 Hotspot stress analysis sambungan 3

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	5	-26	73	-10
3 & 4	5	-14	73	-5
5A & 5B	9	39	73	24
6A & 6B	25	28	73	26
1 & 2	6	-34	65	-14
3 & 4	-6	-15	65	-11
5A & 5B	17	35	65	26
6A & 6B	13	-16	65	-1

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	21	-79	73	-29
3 & 4	-10	-42	73	-26
5A & 5B	43	77	73	60
6A & 6B	31	-28	73	1
1 & 2	12	-67	65	-28
3 & 4	6	-46	65	-20
5A & 5B	42	70	65	56
6A & 6B	27	16	65	21

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	21	-79	73	-29
3 & 4	10	-56	73	-23
5A & 5B	43	77	73	60
6A & 6B	31	28	73	30
1 & 2	24	-84	65	-30
3 & 4	-6	-46	65	-26
5A & 5B	42	70	65	56
6A & 6B	27	-32	65	-3

4.10.4 Sambungan 4 (S4)

Tabel 4.22 Hotspot stress analysis sambungan 4

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	9	-39	103	-15
3 & 4	-7	-28	103	-17
5A & 5B	10	28	103	19
6A & 6B	9	21	103	15
1 & 2	18	-29	50	-5
3 & 4	7	-24	50	-8
5A & 5B	10	29	50	20
6A & 6B	8	21	50	15

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	18	-79	103	-30
3 & 4	7	-55	103	-24
5A & 5B	20	55	103	38
6A & 6B	18	43	103	30
1 & 2	18	-57	50	-19
3 & 4	-7	-47	50	-27
5A & 5B	21	57	50	39
6A & 6B	16	64	50	40

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	9	-79	103	-35
3 & 4	-7	-55	103	-31
5A & 5B	20	55	103	38
6A & 6B	9	43	103	26
1 & 2	18	-57	50	-19
3 & 4	7	-24	50	-8
5A & 5B	21	57	50	39
6A & 6B	16	43	50	29

4.10.5 Sambungan 5 (S5)

Tabel 4.23 Hotspot stress analysis sambungan 5

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	9	-41	104	-16
3 & 4	-7	-29	104	-18
5A & 5B	11	29	104	20
6A & 6B	10	22	104	16
1 & 2	19	-30	69	-6
3 & 4	8	-25	69	-9
5A & 5B	11	30	69	20
6A & 6B	8	22	69	15

4.10.6 Sambungan 6 (S6)

Tabel 4.24 Hotspot stress analysis sambungan 6

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	7	-29	104	-11
3 & 4	-5	-20	104	-13
5A & 5B	8	20	104	14
6A & 6B	7	16	104	11
1 & 2	13	-21	69	-4
3 & 4	5	-18	69	-6
5A & 5B	8	21	69	14
6A & 6B	6	16	69	11

4.10.7 Sambungan 7 (S7)

Tabel 4.25 Hotspot stress analysis sambungan 7

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	8	-41	76	-16
3 & 4	8	-22	76	-7
5A & 5B	14	30	76	22
6A & 6B	10	22	76	16
1 & 2	10	-26	67	-8
3 & 4	-9	-23	67	-16
5A & 5B	13	27	67	20
6A & 6B	10	-50	67	-20

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	19	-81	83	-31
3 & 4	-8	-43	83	-26
5A & 5B	28	60	83	44
6A & 6B	20	-66	83	-23
1 & 2	10	-78	74	-34
3 & 4	9	-47	74	-19
5A & 5B	13	54	74	33
6A & 6B	10	50	74	30

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	8	-81	83	-37
3 & 4	8	-22	83	-7
5A & 5B	14	60	83	37
6A & 6B	10	44	83	27
1 & 2	19	-52	74	-16
3 & 4	-9	-23	74	-16
5A & 5B	26	27	74	26
6A & 6B	10	-25	74	-7

4.10.8 Sambungan 8 (S8)

Tabel 4.26 Hotspot stress analysis sambungan 8

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	8	-41	76	-16
3 & 4	8	-22	76	-7
5A & 5B	14	30	76	22
6A & 6B	10	22	76	16
1 & 2	10	-26	67	-8
3 & 4	-9	-23	67	-16
5A & 5B	13	27	67	20
6A & 6B	10	-50	67	-20

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	19	-81	83	-31
3 & 4	-8	-43	83	-26
5A & 5B	28	60	83	44
6A & 6B	20	-66	83	-23
1 & 2	10	-78	74	-34
3 & 4	9	-47	74	-19
5A & 5B	13	54	74	33
6A & 6B	10	50	74	30

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	8	-81	83	-37
3 & 4	8	-22	83	-7
5A & 5B	14	60	83	37
6A & 6B	10	44	83	27
1 & 2	19	-52	74	-16
3 & 4	-9	-23	74	-16
5A & 5B	26	27	74	26
6A & 6B	10	-25	74	-7

4.10.9 Sambungan 9 (S9)

Tabel 4.27 Hotspot stress analysis sambungan 9

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	6	-30	73	-12
3 & 4	6	-17	73	-5
5A & 5B	10	44	73	27
6A & 6B	28	32	73	30
1 & 2	7	-38	65	-16
3 & 4	-7	-17	65	-12
5A & 5B	19	40	65	29
6A & 6B	15	-18	65	-2

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	24	-90	73	-33
3 & 4	-12	-48	73	-30
5A & 5B	49	88	73	69
6A & 6B	35	-32	73	2
1 & 2	14	-77	65	-32
3 & 4	7	-52	65	-23
5A & 5B	48	79	65	64
6A & 6B	30	18	65	24

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	24	-90	73	-33
3 & 4	12	-64	73	-26
5A & 5B	49	88	73	69
6A & 6B	35	-32	73	34
1 & 2	27	-96	65	-34
3 & 4	-7	-52	65	-30
5A & 5B	48	79	65	64
6A & 6B	30	-37	65	-3

4.10.10 Sambungan 10 (S10)

Tabel 4.28 Hotspot stress analysis sambungan 10

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	8	-41	73	-16
3 & 4	8	-22	73	-7
5A & 5B	13	60	73	36
6A & 6B	38	44	73	41
1 & 2	9	-52	65	-21
3 & 4	-9	-23	65	-16
5A & 5B	26	54	65	40
6A & 6B	21	-25	65	-2

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	33	-122	73	-45
3 & 4	-16	-65	73	-40
5A & 5B	67	119	73	93
6A & 6B	48	-44	73	2
1 & 2	18	-104	65	-43
3 & 4	9	-71	65	-31
5A & 5B	65	108	65	86
6A & 6B	41	25	65	33

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²
1 & 2	33	-122	73	-45
3 & 4	16	-87	73	-35
5A & 5B	67	119	73	93
6A & 6B	48	44	73	46
1 & 2	37	-130	65	-46
3 & 4	9	-71	65	-40
5A & 5B	65	108	65	86
6A & 6B	41	-50	65	-4

4.11 Hasil Perhitungan *Fatigue Life*

Pada perhitungan *fatigue life*. Sebelum mendapatkan *fatigue life* terlebih dahulu menghitung *cummulative fatigue damage* dengan menggunakan persamaan 2.28 hingga persamaan 2.39. Berikut ini adalah hasil perhitungan *cummulative fatigue damage* dari masing-masing sambungan.

Tabel 4.29 *cummulative fatigue damage* sambungan 1

s tensile	s compression	Sri	σ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\mu_i =$	D
21	-53	52,97487	5,78279	1,75	13,428	0,70858	0,07518
30	-44	56,69284	5,35867	1,75	13,428	0,7301	0,09495
59	-15	68,24439	4,35124	1,52	8,908	0,7813	0,17722
53	-21	65,86257	4,52834	1,524	8,908	0,76911	0,15682
25	-42	50,08396	6,15894	1,751	13,428	0,6926	0,0621
17	-50	46,78875	6,64811	1,94	19,848	0,68353	0,04997
53	-13	61,34637	4,90436	1,523	8,908	0,74925	0,12345
14	-53	45,49269	6,86117	1,876	17,158	0,66839	0,04491
							0,784603

s tensile	s compression	Sri	σ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\mu_i =$	D
6	-68	47,11272	6,59679	1,75	13,428	0,67761	0,05057
12	-63	49,19766	6,28368	1,876	17,159	0,69206	0,05881
81	7	77,06427	3,79609	1,154	17,3847701	1,11598	0,36452
14	-60	50,39339	6,11649	1,75	13,428	0,6945	0,06343
-1	-67	39,70768	7,99336	1,94	19,848	0,63574	0,02841
14	-52	45,73897	6,8197	1,876	17,159	0,66991	0,04575
67	0	66,72249	4,46285	1,52	8,908	0,77411	0,16411
63	-3	65,34298	4,5688	1,524	8,908	0,76672	0,15267
							0,928263

s tensile	s compression	Sri	σ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\mu_i =$	D
1	-74	44,8543	6,97093	1,876	17,159	0,66451	0,0428
30	-44	56,69284	5,35867	1,75	13,428	0,7301	0,09495
74	0	74,22204	3,95971	1,154	4,434	0,80617	0,23525
64	-10	70,22362	4,21377	1,524	8,908	0,78989	0,19522
17	-50	46,81625	6,64372	1,75	13,428	0,67614	0,04951
17	-50	46,78875	6,64811	1,94	19,848	0,68353	0,04997
60	-7	63,94278	4,6813	1,524	8,908	0,76039	0,14188
26	-41	50,45526	6,10807	1,75	13,428	0,69482	0,06369
							0,873265

Tabel 4.30 *cummulative fatigue damage* sambungan 2

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1+\frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1+\frac{m+\Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
20	-70	61,7865	4,86515	1,75	13,428	0,76195	0,12827
27	-63	64,5742	4,62993	1,524	8,908	0,76323	0,14667
37	-53	68,4082	4,33955	1,524	8,908	0,78108	0,17845
50	-39	73,7985	3,98523	1,524	8,908	0,80792	0,23175
44	-24	58,1143	5,21169	1,75	13,428	0,73872	0,10347
18	-50	47,5295	6,53186	1,876	17,159	0,68118	0,0522
10	-57	44,6936	6,99908	1,941	19,848	0,66832	0,04258
48	-20	59,6062	5,06544	1,75	13,428	0,74798	0,11305
							0,996442

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1+\frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1+\frac{m+\Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
105	-7	109,313	2,56359	0,646	7,815421328	1,20483	1,12316
34	-78	80,6367	3,60775	1,154	17,59349317	1,15982	0,434
14	-98	72,9639	4,03646	1,524	28,35047643	1,21048	0,33557
91	-21	103,471	2,72667	0,646	8,647376257	1,20166	0,95004
3	-82	51,7921	5,9313	1,876	31,90532826	0,86521	0,08579
14	-71	56,0777	5,42472	1,75	26,8840073	0,89277	0,11236
2	-82	51,4706	5,97292	1,876	30,96674271	0,85128	0,08284
28	-56	61,9606	4,8498	1,524	20,60156631	0,92811	0,15756
							3,281335

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1+\frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1+\frac{m+\Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
31	-81	79,7038	3,6552	3,044361762	21,23943198	0,76572	0,2767
24	-88	76,7057	3,81602	3,127750919	22,64906088	0,73822	0,23778
33	-79	80,5396	3,61263	2,811865173	17,70867499	0,74527	0,27787
27	-85	78,0974	3,73974	3,133995929	22,75805915	0,75845	0,25784
52	-32	71,6218	4,1215	2,854556063	18,31701073	0,65236	0,17105
26	-58	61,037	4,93229	3,192245515	23,79922929	0,54673	0,08873
19	-66	58,201	5,20298	3,332711467	26,51034567	0,51591	0,07259
56	-28	73,1136	4,02718	2,794690094	17,46860732	0,66512	0,18552
							1,568081

Tabel 4.31 *cummulative fatigue damage* sambungan 3

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1+\frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1+\frac{m+\Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
26	-47	54,0446	5,65441	1,75	13,428	0,71462	0,08051
32	-41	56,3509	5,3952	1,75	13,428	0,72806	0,09298
60	-13	67,6713	4,39264	1,524	8,908	0,77757	0,17197
63	-10	73	4,04643	1,524	8,908	0,80281	0,2211
19	-47	46,8524	6,63797	1,876	17,159	0,67687	0,04968
22	-43	48,1258	6,44105	1,876	17,159	0,68502	0,05449
59	-7	62,6841	4,78698	1,524	8,908	0,7548	0,13268
31	-34	51,8142	5,92847	1,75	13,428	0,70216	0,06971
							0,873122

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\mu_i =$	D
8	-65	46,7216	6,65884	1,75	13,428	0,67567	0,04918
10	-62	47,7926	6,49151	1,876	17,158	0,68286	0,0532
96	24	73	4,04617	1,524	8,908	0,80283	0,22114
38	-35	58,7724	5,14621	1,524	8,908	0,73817	0,10695
5	-60	41,3349	7,64086	1,876	17,158	0,64404	0,03246
13	-53	44,4083	7,0496	1,876	17,158	0,66181	0,04136
88	23	65	4,55908	1,524	8,908	0,76729	0,15365
54	-11	60,8845	4,94616	1,524	8,908	0,74702	0,12033
							0,778275

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\mu_i =$	D
8	-65	46,7216	6,65884	3,823151834	39,57662028	0,37933	0,02761
13	-59	49,0501	6,3049	3,839531573	40,19271462	0,41574	0,03501
96	24	73	4,04617	3,267948199	25,22284608	0,70476	0,19413
66	-7	73	4,04643	3,267948199	25,22284608	0,7047	0,19408
3	-63	40,3887	7,84217	3,15022232	23,04360381	0,35652	0,01676
7	-59	42,024	7,50029	3,397332985	27,86633416	0,34014	0,01802
88	23	65	4,55908	2,242755219	10,96797888	0,62147	0,12445
30	-36	51,2577	6,00079	2,720143633	16,45647302	0,48674	0,04678
							0,656838

Tabel 4.32 cumulative fatigue damage sambungan 4

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\mu_i =$	D
36	-67	75,9536	4,413796	3,229972587	23,16380106	0,695204	0,13418
34	-69	75,1366	4,459353	3,417606031	25,95733216	0,682879	0,127593
70	-32	89,6144	3,772381	2,785227783	17,2939123	0,761895	0,241523
67	-36	88,1587	3,831498	2,837538315	17,93216148	0,755204	0,227923
20	-30	37,9982	8,518948	3,753667381	31,47528453	0,530959	0,012832
17	-33	36,8371	8,773686	3,922606342	34,51685981	0,509167	0,011211
45	-5	47,9259	6,834037	3,463639192	26,6732408	0,587406	0,028482
40	-10	45,9373	7,114609	3,564577067	28,28655271	0,57187	0,024419
							0,808162

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\mu_i =$	D
21	-82	69,8784	4,777349	3,350949233	24,94226745	0,666182	0,100127
27	-75	72,3724	4,620904	3,373653867	25,2851761	0,674184	0,112571
89	-13	97,1843	3,49284	2,493749417	13,97756736	0,794827	0,321358
82	-21	94,2199	3,597094	2,58988432	15,02721264	0,783048	0,288499
6	-45	32,3213	9,933583	3,980375058	35,6005792	0,491132	0,007305
-2	-52	29,1565	10,95461	4,427906764	44,81261027	0,430493	0,0047
64	14	55,7144	5,92362	3,092101807	21,23430874	0,643392	0,049012
65	15	56,0231	5,892624	3,131548192	21,77597737	0,640506	0,049608
							0,93318

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
16	-86	68,0962	4,895976	3,507787462	27,37145079	0,649963	0,090404
20	-82	69,6101	4,79483	3,621085079	29,21637008	0,649681	0,096526
89	-13	97,1843	3,49284	2,493749417	13,97756736	0,794827	0,321358
77	-25	92,407	3,664062	2,713446537	16,43979264	0,773338	0,268789
6	-45	32,3213	9,933583	3,980375058	35,6005792	0,491132	0,007305
17	-33	36,8371	8,773686	3,922606342	34,51685981	0,509167	0,011211
64	14	55,7144	5,92362	3,092101807	21,23430874	0,643392	0,049012
54	4	51,7748	6,35075	3,274795593	23,81327457	0,616078	0,037664
							0,882269

Tabel 4.33 *cummulative fatigue damage* sambungan 5

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
36	-68	76,62390355	4,377130972	3,957186743	35,16284065	0,671246643	0,1330159
34	-70	75,76850943	4,424034417	4,235291776	40,66365406	0,6611947	0,1266847
72	-32	90,92540825	3,720722269	3,299995068	24,18327814	0,754872937	0,2499529
68	-36	89,40137317	3,780916251	3,376804153	25,33298607	0,746961351	0,2351036
29	-40	53,07385594	6,203081286	4,367221365	43,47391029	0,527027785	0,034706
26	-43	51,85826558	6,341050601	4,601568281	48,81189108	0,503988129	0,0309601
55	-14	63,46951249	5,234217394	3,963574754	35,28306294	0,603139661	0,0679269
50	-19	61,38763644	5,402608309	4,104049718	37,99851683	0,584918523	0,0596028
							0,93795304

Tabel 4.34 *cummulative fatigue damage* sambungan 6

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
41	-63	78,49931291	4,277786098	3,957186743	35,16284065	0,68193946	0,1453021
39	-65	77,89550529	4,309262243	4,235291776	40,66365406	0,675087204	0,1405483
66	-38	88,59452057	3,813601054	3,299995068	24,18327814	0,744295402	0,2279788
63	-41	87,5187311	3,858093706	3,376804153	25,33298607	0,738141391	0,2179572
31	-38	53,72173881	6,132033904	4,367221365	43,47391029	0,530172011	0,0362073
29	-41	52,86367502	6,226494497	4,601568281	48,81189108	0,509360198	0,0331456
49	-20	61,05970597	5,43015268	3,963574754	35,28306294	0,592072021	0,05937
45	-24	59,59014641	5,557215172	4,104049718	37,99851683	0,576281302	0,0537139
							0,91422328

Tabel 4.35 *cummulative fatigue damage* sambungan 7

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
22	-54	54,03216	5,65588	3,738903938	36,7000748	0,48206	0,05427
31	-45	57,75013	5,24862	3,661987563	34,39055226	0,53106	0,073
60	-16	69,30168	4,27677	3,241774815	24,7211745	0,65246	0,15499
54	-22	66,91986	4,44808	3,361737807	27,11013785	0,63285	0,13536
26	-42	50,69722	6,07534	2,903336318	19,03310234	0,46306	0,04306
17	-50	47,40201	6,5516	3,222892062	24,3655515	0,40571	0,03084
54	-14	61,95962	4,84989	2,470894001	13,39340087	0,5815	0,09871
14	-53	46,10594	6,75877	3,053126337	21,38371005	0,41183	0,02881
							0,619033

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
10	-72	53,67221	5,69849	3,79216407	38,46697144	0,4831	0,05331
16	-67	55,75554	5,45993	3,889595314	42,23831946	0,53918	0,0667
85	3	83,62471	3,46331	2,788647444	17,3847701	0,77745	0,32448
19	-64	56,95348	5,33114	3,715506747	35,97052333	0,52541	0,06927
3	-71	45,22683	6,90648	3,264812847	25,16220339	0,38229	0,02524
18	-56	51,25632	6,00097	3,074608255	21,74110819	0,45227	0,04347
70	-3	72,24226	4,08177	2,293082868	11,47485308	0,65945	0,17744
67	-7	70,86281	4,17111	2,363764094	12,21303783	0,64736	0,1644
							0,924308

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
5	-78	51,41378	5,98034	3,881459305	41,88612726	0,46032	0,04465
34	-48	63,25072	4,73885	3,661987563	34,39055226	0,62103	0,11215
78	-4	80,78248	3,60044	3,034716425	21,08167069	0,77855	0,29291
68	-14	76,78371	3,81166	3,216552958	24,24732185	0,75403	0,24361
20	-53	52,3354	5,8622	2,920655357	19,29292021	0,47414	0,04851
20	-53	52,3061	5,86589	3,222892062	24,3655515	0,45255	0,04622
63	-10	69,46256	4,26565	2,26164479	11,15643516	0,64354	0,15393
30	-44	55,9751	5,43589	2,877697527	18,65387709	0,50695	0,06345
							1,005442

Tabel 4.36 *cummulative fatigue damage* sambungan 8

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
22	-54	54,03216	5,65588	3,738903938	36,7000748	0,48206	0,05427
31	-45	57,75013	5,24862	3,661987563	34,39055226	0,53106	0,073
60	-16	69,30168	4,27677	3,241774815	24,7211745	0,65246	0,15499
54	-22	66,91986	4,44808	3,361737807	27,11013785	0,63285	0,13536
26	-42	50,69722	6,07534	2,903336318	19,03310234	0,46306	0,04306
17	-50	47,40201	6,5516	3,222892062	24,3655515	0,40571	0,03084
54	-14	61,95962	4,84989	2,470894001	13,39340087	0,5815	0,09871
14	-53	46,10594	6,75877	3,053126337	21,38371005	0,41183	0,02881
							0,619033

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
10	-72	53,67221	5,69849	3,79216407	38,46697144	0,4831	0,05331
16	-67	55,75554	5,45993	3,889595314	42,23831946	0,53918	0,0667
85	3	83,62471	3,46331	2,788647444	17,3847701	0,77745	0,32448
19	-64	56,95348	5,33114	3,715506747	35,97052333	0,52541	0,06927
3	-71	45,22683	6,90648	3,264812847	25,16220339	0,38229	0,02524
18	-56	51,25632	6,00097	3,074608255	21,74110819	0,45227	0,04347
70	-3	72,24226	4,08177	2,293082868	11,47485308	0,65945	0,17744
67	-7	70,86281	4,17111	2,363764094	12,21303783	0,64736	0,1644
							0,924308

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
5	-78	51,41378	5,98034	3,881459305	41,88612726	0,46032	0,04465
34	-48	63,25072	4,73885	3,661987563	34,39055226	0,62103	0,11215
78	-4	80,78248	3,60044	3,034716425	21,08167069	0,77855	0,29291
68	-14	76,78371	3,81166	3,216552958	24,24732185	0,75403	0,24361
20	-53	52,3354	5,8622	2,920655357	19,29292021	0,47414	0,04851
20	-53	52,3061	5,86589	3,222892062	24,3655515	0,45255	0,04622
63	-10	69,46256	4,26565	2,26164479	11,15643516	0,64354	0,15393
30	-44	55,9751	5,43589	2,877697527	18,65387709	0,50695	0,06345
							1,005442

Tabel 4.37 *cummulative fatigue damage* sambungan 9

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
24	-48	53,4449	5,72571	3,769339253	37,69010817	0,47643	0,05191
31	-42	56,0824	5,42421	3,720070472	36,11082585	0,51208	0,06446
63	-9	69,0178	4,29653	3,353097972	26,93006473	0,66204	0,15534
67	-6	73	4,04643	3,268913535	25,24154758	0,70485	0,19412
17	-48	46,0641	6,76566	3,103291844	22,22687505	0,40594	0,02832
21	-45	47,5214	6,53311	3,185000985	23,66726733	0,41012	0,03141
62	-3	64,157	4,66374	2,409858132	12,71158785	0,60039	0,11315
31	-34	51,7347	5,9387	2,841492725	18,12907638	0,47704	0,04714
							0,685849

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
3	-69	45,0758	6,93247	3,823151834	39,57662028	0,35583	0,02326
7	-66	46,3014	6,72673	3,930916834	44,19595821	0,38511	0,02728
105	32	73	4,04617	3,267948199	25,22284608	0,70476	0,19413
38	-35	58,848	5,13878	3,435678029	28,70805966	0,52786	0,07677
1	-64	39,7585	7,98189	3,240111052	24,689631	0,3396	0,01523
10	-55	43,2728	7,25767	3,194616737	23,84257868	0,37311	0,02158
96	31	65	4,55908	2,242755219	10,96797888	0,62147	0,12445
57	-8	62,1008	4,83751	2,375058891	12,33392729	0,59043	0,10092
							0,583615

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
3	-69	45,0758	6,93247	3,823151834	39,57662028	0,35583	0,02326
10	-63	47,7387	6,49974	3,839531573	40,19271462	0,39568	0,03072
105	32	73	4,04617	3,267948199	25,22284608	0,70476	0,19413
70	-3	73	4,04643	3,267948199	25,22284608	0,7047	0,19408
-2	-67	38,6771	8,23294	3,15022232	23,04360381	0,34426	0,01422
3	-62	40,5479	7,80759	3,397332985	27,86633416	0,32679	0,01555
96	31	65	4,55908	2,242755219	10,96797888	0,62147	0,12445
30	-36	51,0987	6,02176	2,720143633	16,45647302	0,48569	0,04625
							0,642644

Tabel 4.38 *cummulative fatigue damage* sambungan 10

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
20	-53	51,7505	5,93666	3,769339253	37,69010817	0,45002	0,04451
29	-44	55,3237	5,50781	3,720070472	36,11082585	0,50008	0,06043
73	0	72,822	4,0453	3,353097972	26,93006473	0,71916	0,19821
77	4	73	4,04643	3,268913535	25,24154758	0,70485	0,19412
11	-54	43,8371	7,15282	3,103291844	22,22687505	0,38845	0,02335
16	-49	45,8137	6,8072	3,185000985	23,66726733	0,39529	0,02713
73	7	68,3187	4,34593	2,409858132	12,71158785	0,62793	0,1429
31	-35	51,5101	5,96778	2,841492725	18,12907638	0,47538	0,04637
							0,737023

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\mu_i =$	D
-8	-81	40,4256	7,83412	3,823151834	39,57662028	0,29398	0,01386
-4	-77	42,0884	7,48741	3,930916834	44,19595821	0,32042	0,01705
129	56	73	4,04617	3,267948199	25,22284608	0,70476	0,19413
38	-34	59,0617	5,11791	3,435678029	28,70805966	0,5307	0,07803
-10	-75	35,3045	9,12119	3,240111052	24,689631	0,30715	0,00965
2	-63	40,0645	7,91345	3,194616737	23,84257868	0,34805	0,01597
119	53	65	4,55908	2,242755219	10,96797888	0,62147	0,12445
66	0	65,5372	4,55359	2,375058891	12,33392729	0,6117	0,12289
							0,576024

s tensile	s compression	Sri	ϑ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\mu_i =$	D
-8	-81	40,4256	7,83412	3,823151834	39,57662028	0,29398	0,01386
1	-72	44,0332	7,11707	3,839531573	40,19271462	0,34196	0,02084
129	56	73	4,04617	3,267948199	25,22284608	0,70476	0,19413
82	9	73	4,04643	3,267948199	25,22284608	0,7047	0,19408
-14	-79	33,8411	9,56527	3,15022232	23,04360381	0,3125	0,00864
-7	-73	36,3773	8,81966	3,397332985	27,86633416	0,29165	0,01002
119	53	65	4,55908	2,242755219	10,96797888	0,62147	0,12445
28	-37	50,6495	6,08176	2,720143633	16,45647302	0,48273	0,04476
							0,610777

4.12 Modifikasi Sambungan

Setelah mengetahui nilai *fatigue damage (DM)* dari masing-masing sambungan, langkah selanjutnya adalah menghitung *fatigue life* masing-masing sambungan tersebut. Pada tesis ini FSO direncanakan akan beroperasi selama 10 tahun, sehingga apabila hasil perhitungan *fatigue life* kurang dari 10 tahun maka harus dilakukan modifikasi atau penggantian pada sambungan tersebut. Berikut adalah tabulasi hasil perhitungan *fatigue life*.

Tabel 4.39 Modifikasi sambungan

MODIFIKASI SAMBUNGAN													
No.	Sambungan	Tipe struktural awal		Fatigue Life	Tingkat perlu modif	Tipe struktural awal		Panjang kumpuh Las (m)	Jumlah Sambungan	Material Tambahan (m ²)	Total Material Tambahan (m ²)	Berat Material Tambahan (ton)	Panjang Total Kumpuh Las (m)
		Bracket	Ukuran Penegar			Bracket	Ukuran Penegar						
		dw	1.5dw			dw	1.5dw						
S1	Antara pembujur sisi & Sekat melintang 3		220 x 10 HP	8.308081033	1		220	0.586666667	270	0.022	5.808	453.024	158.4
						146.7	220	t = 10					
S2	Antara pembujur sisi & web transverse 47		220 x 10 HP	11.32907713	0		220	0.586666667	1650	0.022	0	0	0
						146.7	220	t = 10					
S3	Antara pembujur Bottom & Sekat melintang 33		Penegar 320 x 12 HP BF Bracket 1200*1500*12.0 * 150*12.0 d 1500 dw 500 1.5dw 750	10.29386842	0		320	0.853333333	234	0.046	0	0	0
						213.3	320	t = 12					
S4	Antara pembujur Bottom & web transverse 3		320 x 12 HP	6.659358573	1		320	0.752941176	1430	0.035	50.66851211	4742.572734	1076.705882
						188.2	320	t = 12					
S5	Antara pembujur deck & web transverse 47		220 x 12 HP	8.308554833	1		220	0.586666667	1760	0.022	37.85955556	3543.6544	1032.533333
						146.7	220	t = 12					
S6	Antara pembujur deck & Sekat Melintang 17		Penegar 220 x 12 HP BF 900* Bracket 900*11.5* 130*12.0 d 900 dw 325 1.5dw 487.5	9.617999778	1		220	0.586666667	288	0.022	6.1952	579.87072	168.96
						146.7	220	t = 12					
S7	Antara pembujur sekat memanjang & Sekat melintang 3		220 x 10 HP	4.640415854	1		220	0.586666667	153	0.022	3.2912	256.7136	89.76
						146.7	220	t = 10					

58	Antara pembujur sekat memanjang & web transverse 3	 220 x 10 HP	14.44027148	0	 146.7 220 t = 10	0.586666667	935	0.022	0	0	0	
59	Antara pembujur Inner Bottom & Sekat melintang 17	 Penegar 320 x 12 HP Bracket 900*11.5*130*12.0 d 900 dw 325 1.5dw 487.5	15.2938098	0	 213.3 320 t = 12	0.853333333	252	0.046	0	0	0	
510	Antara pembujur Inner Bottom & Solid Floor 3	 475*12.5*120*30.0 320 x 12 HP	11.73280324	0	 213.3 320 t = 12	0.853333333	1540	0.046	0	0	0	
Plate	Keel Plate	Criteria = accepted	0	t = 16	0				0			
	Bottom Plate	Criteria = accepted	0	t = 13	0				0			
	Inner Bottom Plate	Criteria = accepted	0	t = 11.9	0				0			
	Side Shell Plate	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0				0			
	Inner Side Shell Plate	Criteria = accepted	0	t = 10.625	0				0			
	Deck Plate	Criteria = accepted	0	t = 10.625	0				0			
	Long. Bulkhead Plate	Criteria = accepted	0	t = 10.625	0				0			
	Bottom Girder Plate	Criteria = accepted	0	t = 9.775	0				0			
	Wrang Plate	Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
	Face Plate Long. Bulkhead	Criteria = accepted	0	t = 12.75	0				0			
	Face Plate Wing Tank	Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
	Side Stringer	Criteria = accepted	0	t = 8.925	0				0			
	Face Plate Strong Beam	Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
	Trans. Bulk	Plate 11.5 mm	Criteria = accepted	0	t = 9.775	0				0		
		Plate 13 mm	Criteria = accepted	0	t = 11.05	0				0		
		Plate 13.5 mm	Criteria = accepted	0	t = 11.475	0				0		
		Plate 14 mm	Criteria = accepted	0	t = 11.9	0				0		
		Plate 14.5 mm	Criteria = accepted	0	t = 12.325	0				0		
		Plate 15 mm	Criteria = accepted	0	t = 12.75	0				0		
		Plate 15.5 mm	Criteria = accepted	0	t = 13.175	0				0		
	Longitudinal	SIDE SHELL LONGITUDINAL	Criteria = accepted	0	t = 8.5	0				0		
			Criteria = accepted	0	t = 8.5	0				0		
			Criteria = accepted	0	t = 8.5	0				0		
			Criteria = accepted	0	t = 8.5	0				0		
			Criteria = accepted	0	t = 8.5	0				0		
			Criteria = -	0	t = 0	0				0		
			Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0		
			Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0		
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = -	0	t = 0	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 10.2	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 10.2	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = -	0	t = 0	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = -	0	t = 0	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 10.2	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 10.2	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = -	0	t = 0	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
INNER SHELL BULKHEAD LONGITUDINALS		Criteria = accepted	0	t = 8.6	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 8.6	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 8.6	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 8.6	0				0			
		Criteria = -	0	t = 0	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = -	0	t = 0	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 10.2	0				0			
CENTER BULKHEAD LONGITUDINALS		Criteria = accepted	0	t = 10.2	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 10.2	0				0			
		Criteria = -	0	t = 0	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 9.35	0				0			
		Criteria = -	0	t = 0	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 10.2	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 10.2	0				0			
		Criteria = accepted	0	t = 10.2	0				0			

DECK LONGITUDINALS	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	BOTTOM LONGITUDINALS	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0	
		Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0	
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
Criteria =		accepted	0	t=	10.2	0		
INNER BOTTOM LONGITUDINALS		Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0	
		Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0	
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	Criteria =	accepted	0	t=	10.2	0		
	JUMLAH						9575.835454	2526.359216

4.13 Estimasi Biaya

4.13.1 Input data biaya

Setelah menentukan item mana yang harus dimodifikasi atau dirubah, selanjutnya adalah menghitung besar biaya yang harus dikeluarkan untuk membuat suatu FSO konversi. Pada tesis ini kami menggunakan satuan mata uang dolar (USD) dngan kurs 11.497 terhadap rupiah. Adapun hal yang diperhatikan dalam rangka estimasi biaya adalah sebagai berikut.

Tabel 4.40 Konsumsi gas *oxygen-acetyllen*

Gas Oxygen-acetyllen	2000	bar	100000	rupiah
2000	bar	=	30	meter

Gas *oxygen-acetyllen* digunakan dalam proses pemotongan sambungan yang akan diganti ataupun dimodifikasi. Data konsumsi gas yang tertera pada Tabel 4.41 diambil dari survei lapangan, dimana untuk material baja dengan tebal antara 12 mm hingga 15 mm membutuhkan konsumsi gas untuk memotong yang tidak jauh berbeda.

Tabel 4.41 Konsumsi kawat las

1	box	=	20	pack
1	pack	=	120000	rupiah
1	pack	=	5	kg
5	kg	=	20	m

Konsumsi kawat las sangat tergantung pada ketebalan material dan panjang kampuh las. Estimasi yang ditunjukkan pada Tabel 4.41 adalah dengan dasar pelat tertebal yang terpasang pada kapal. Sedangkan panjang kampuh las dihitung sama dengan keliling sambungan yang menempel satu sama lain. Input biaya yang ketiga adalah diambil dari harga kapal tanker yang sesuai dengan rata-rata harga kapal tanker seukuran dan sejenis. Berikut adalah harga kapal tanker sesuai dengan pasar yang ada saat ini.

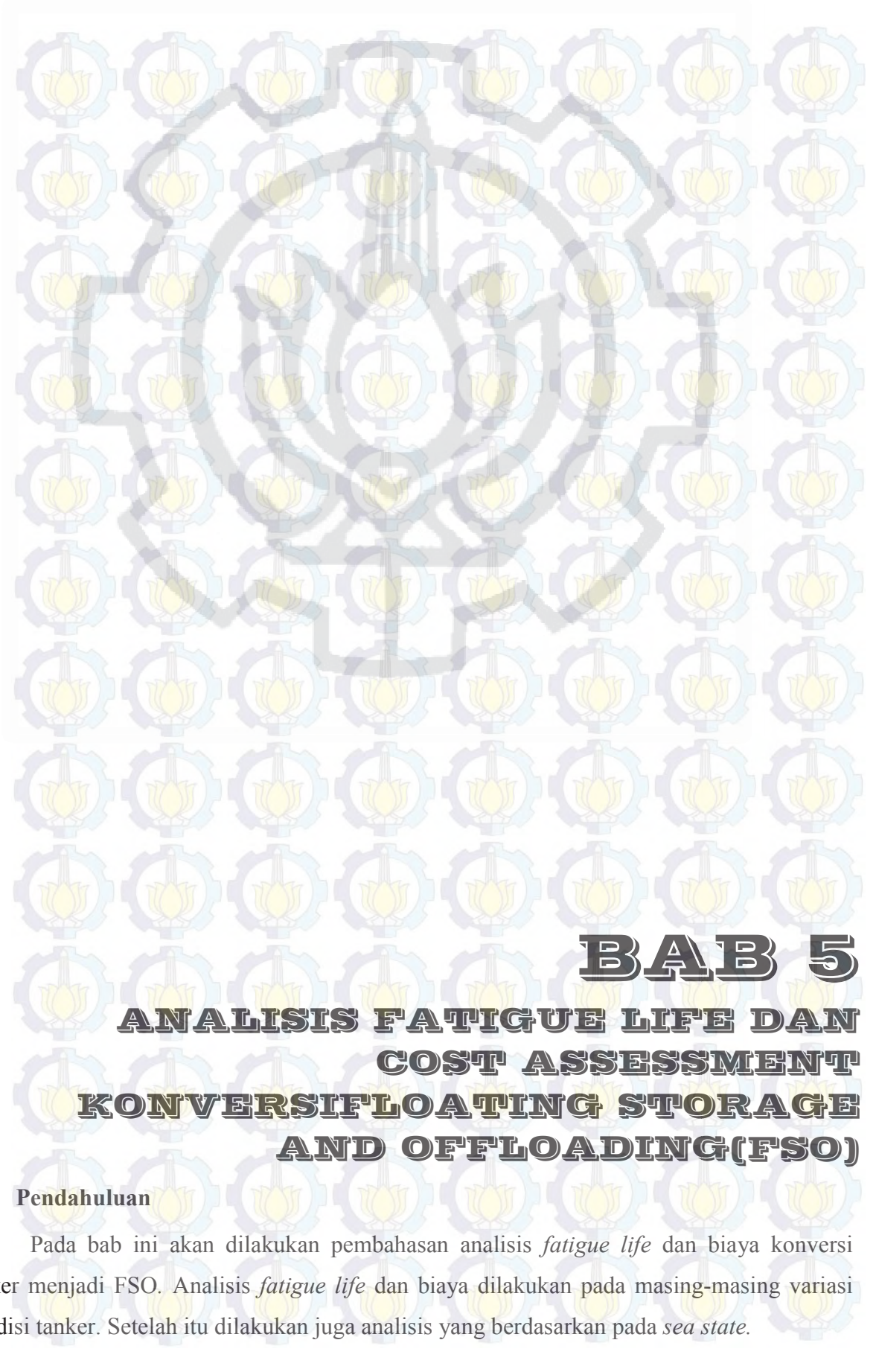
Tabel 4.42 Harga tanker dunia

PRODUCT PRICE DEVELOPMENT			ID: 229				
Type	Dwt	Built	03.02	03.03	01.04	02.04	03.04
MT*	45 000	NB	25.5	28.0	31.0	33.0	34.0
MT*	40 000	5 yrs	24.5	25.5	29.5	30.5	31.0
MT	30 000	10 yrs	11.2	11.0	12.0	12.0	13.0
MT	30 000	15 yrs	8.0	7.0	8.5	9.0	9.0
PC	30 000	89/90	10.5	9.0	9.0	9.5	9.5
PC*	35 000	00/01	27.5	26.8	28.0	30.5	31.5
PC	40 000	81/82	6.5	5.0	5.0	5.0	5.0
PC	40 000	89/90	13.7	12.0	11.5	12.0	12.0
PC*	45 000	94/95	23.5	23.0	24.5	25.0	25.0
PC*	45 000	00/01	29.0	29.0	31.5	32.0	34.0
PC*	70 000	87/88	18.0	17.0	17.0	18.0	18.0
MT*	70 000	92/93	19.7	19.0	21.5	22.5	24.0

*Double Hull © Fearnleys

4.13.2 Perhitungan estimasi biaya

HARGA BELI KAPAL							
\$31.100.000.0							
1. Biaya Material							
No.	Uraian Material	Fungsi Material	Travel Speed (m/s)	Total Time (day)	Jumlah Unit	Harga Satuan USD/unit	Total Harga (USD)
Material Langsung							
1	Pelat	Replating			10564.77	0.87	\$9.189.154
2	Kawat Las	Joining	0.1	8	145.30	10.44	\$1.517
Material Tidak Langsung							
1	Gas Oxygen-acetyllen	Cutting	0.09	9	96.86	8.70	\$843
2. Biaya Tenaga Kerja							
No.	Golongan	Gaji/bulan	Gaji/hari	Gaji Konversi			
1	tukang cutting 1	Rp2.700.000	Rp135.000	\$1.053			
2	tukang cutting 2	Rp2.200.000	Rp110.000	\$858			
3	tukang blasting	Rp2.700.000	Rp135.000	\$1.053			
4	tukang marking 1	Rp2.700.000	Rp135.000	\$1.053			
5	tukang marking 2	Rp2.200.000	Rp110.000	\$858			
6	tukang straightening	Rp2.700.000	Rp135.000	\$1.053			
7	tukang bending	Rp2.700.000	Rp135.000	\$1.053			
8	welder 1	Rp2.700.000	Rp135.000	\$1.053			
9	welder 2	Rp2.200.000	Rp110.000	\$858			
10	fitter 1	Rp2.700.000	Rp135.000	\$1.053			
11	fitter 2	Rp2.200.000	Rp110.000	\$858			
12	transporter	Rp2.700.000	Rp135.000	\$1.053			
13	qc 1	Rp3.200.000	Rp160.000	\$1.248			
14	qc 2	Rp2.700.000	Rp135.000	\$1.053			
Biaya Konversi				\$9.205.672			
Harga FSO				\$40.305.672			
				Rp463.112.169.040			



BAB 5

ANALISIS FATIGUE LIFE DAN COST ASSESSMENT KONVERSI FLOATING STORAGE AND OFFLOADING (FSO)

5.1 Pendahuluan

Pada bab ini akan dilakukan pembahasan analisis *fatigue life* dan biaya konversi tanker menjadi FSO. Analisis *fatigue life* dan biaya dilakukan pada masing-masing variasi kondisi tanker. Setelah itu dilakukan juga analisis yang berdasarkan pada *sea state*.

5.2 Analisis *Fatigue Life*

5.2.1 Pendahuluan

Dari semua perhitungan yang telah dilakukan, selanjutnya adalah merekap hasil *fatigue live* pada semua kondisi. Analisis ini dilakukan untuk mempelajari tren *fatigue life* yang terjadi pada tiap-tiap variasi.

5.2.2 Hasil Perumusan *Fatigue Life*

Perumusan *fatigue life* yang telah dibuat berdasarkan *CSR* dan *ABS rules* menghasilkan angka yang mendefinisikan sisa umur yang dimiliki oleh satu item konstruksi. Seperti yang telah kami sajikan di Tabel 5.1, nilai *fatigue life* disajikan per sambungan (*end connection*). Pada tanker yang kami konversi pada tesis ini memiliki 10 jenis *connection*, sehingga juga ada 10 angka hasil perhitungan sisa umur. *End connection* yang ada di tanker yang kami konversi yaitu,

1. (S1) Sambungan antara pembujur sisi dan sekat melintang
2. (S2) Sambungan antara pembujur sisi dan *web transverse*
3. (S3) Sambungan antara pembujur *bottom* dan sekat melintang
4. (S4) Sambungan antara pembujur *bottom* dan *solid floor*
5. (S5) Sambungan antara pembujur *deck* dan sekat melintang
6. (S6) Sambungan antara pembujur *deck* dan *strong beam*
7. (S7) Sambungan antara pembujur sekat memanjang dan sekat melintang
8. (S8) Sambungan antara pembujur sekat memanjang dan *web transverse*
9. (S9) Sambungan antara pembujur *inner bottom* dan sekat melintang
10. (S10) Sambungan antara pembujur *inner bottom* dan *web transverse*

Tabel 5.1 Rekapitulasi *fatigue life*

No. Sambungan	Lokasi Sambungan	SEA STATE							
		Bali				Kepulauan Seribu			
		FATIGUE LIFE (Tahun)							
		CAP 1	CAP 2	CAP 3	Non-CAP	CAP 1	CAP 2	CAP 3	Non-CAP
S1	Antara pembujur sisi dan sekat melintang	15.63	13.07	11.55	7.93	13.94	12.43	10.95	7.44
S2	Antara pembujur sisi dan web transverse	12.09	9.28	7.56	3.62	11.38	9.54	7.80	3.81
S3	Antara pembujur bottom dan sekat melintang	15.63	12.95	11.31	7.46	28.27	12.61	11.00	7.21
S4	Antara pembujur bottom dan solid floor	13.79	11.09	9.45	5.63	12.12	10.48	8.89	5.18
S5	Antara pembujur deck dan sekat melintang	13.65	10.74	8.92	4.74	12.31	10.43	8.63	4.52
S6	Antara pembujur deck dan strong beam	14.35	11.36	9.47	5.14	13.10	11.14	9.27	4.99
S7	Antara pembujur sekat memanjang dan sekat melintang	11.86	9.16	7.52	3.72	10.19	8.54	6.95	3.27
S8	Antara pembujur sekat memanjang dan web transverse	11.86	9.16	7.52	3.72	10.19	8.54	6.95	3.27
S9	Antara pembujur inner bottom dan sekat melintang	23.45	19.80	17.28	11.47	21.81	19.22	16.75	11.07
S10	Antara pembujur inner bottom dan solid floor	20.92	17.53	15.24	9.96	19.07	16.76	14.54	9.41

TOTAL	153.24	124.14	105.82	63.38	152.37	119.67	101.73	60.15
Mean Fatigue Life	15.32406	12.41388	10.58161	6.338458	15.23713	11.96718	10.17287	6.015005
Min. Fatigue Life	11.86	9.16	7.52	3.62	10.19	8.54	6.95	3.27

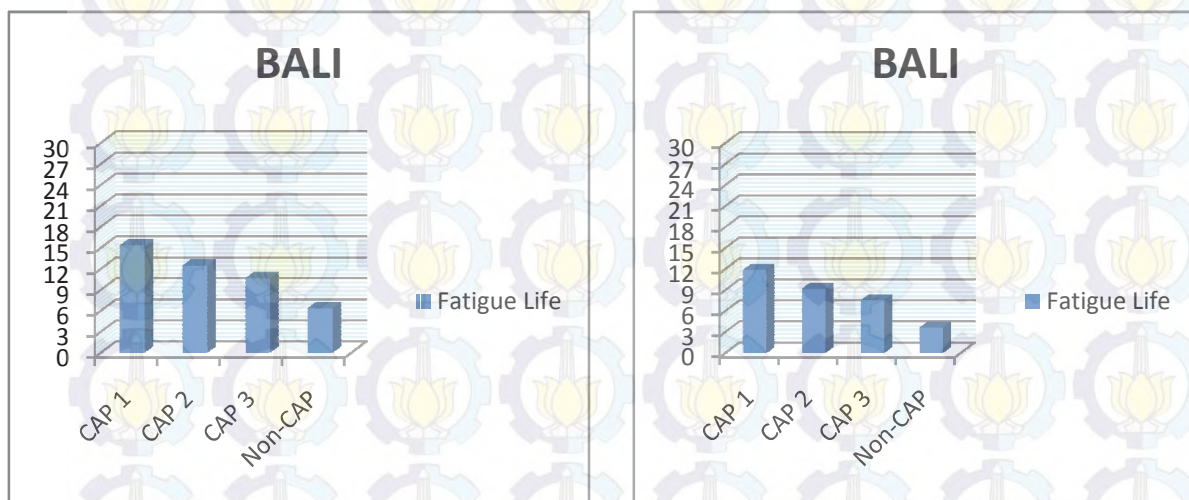
No. Sambungan	Lokasi Sambungan	SEA STATE							
		Madura				Laut Jawa			
		FATIGUE LIFE (Tahun)							
		CAP 1	CAP 2	CAP 3	Non-CAP	CAP 1	CAP 2	CAP 3	Non-CAP
S1	Antara pembujur sisi dan sekat melintang	9.52	8.31	7.12	4.26	11.65	10.30	8.97	5.80
S2	Antara pembujur sisi dan web transverse	13.33	11.33	9.43	5.09	12.37	10.45	8.62	4.45
S3	Antara pembujur bottom dan sekat melintang	11.77	10.29	8.86	5.47	13.01	11.44	9.92	6.33
S4	Antara pembujur bottom dan solid floor	7.99	6.66	5.38	2.36	9.96	8.48	7.05	3.71
S5	Antara pembujur deck dan sekat melintang	9.98	8.31	6.71	3.02	11.13	9.36	7.66	3.76
S6	Antara pembujur deck dan strong beam	11.43	9.62	7.89	3.92	12.26	10.37	8.58	4.45
S7	Antara pembujur sekat memanjang dan sekat melintang	5.95	4.64	3.38	0.44	7.98	6.51	5.09	1.80
S8	Antara pembujur sekat memanjang dan web transverse	5.95	4.64	3.38	0.44	7.98	6.51	5.09	1.80
S9	Antara pembujur inner bottom dan sekat melintang	17.49	15.29	13.18	8.31	19.62	17.23	14.94	9.67
S10	Antara pembujur inner bottom dan solid floor	13.57	11.73	9.96	5.84	16.24	14.18	12.19	7.58

TOTAL	106.98	90.82	75.29	39.13	122.20	104.82	88.12	49.36
Mean Fatigue Life	10.69808	9.082438	7.528572	3.913079	12.21954	10.48177	8.812323	4.935618
Min. Fatigue Life	5.95	4.64	3.38	0.44	7.98	6.51	5.09	1.80

Dari hasil perumusan yang tersaji pada Tabel 5.1 menunjukkan bahwa dengan tanker yang sama, apabila *sea state*-nya berbeda maka akan menghasilkan sisa umur yang berbeda pula. Untuk mempermudah analisis berikut ini kami visualisasi dalam bentuk grafik.

5.2.3 Fatigue Live FSO Sea State Bali

Pada Bagan 5.1 kami sajikan dua grafik, dimana grafik pertama adalah minimum *fatigue life* dari kesepuluh sambungan yang terpasang di tanker sedangkan grafik kedua menunjukkan rata-rata sisa umur semua *connection* di masing-masing klasifikasi kondisi kapal.



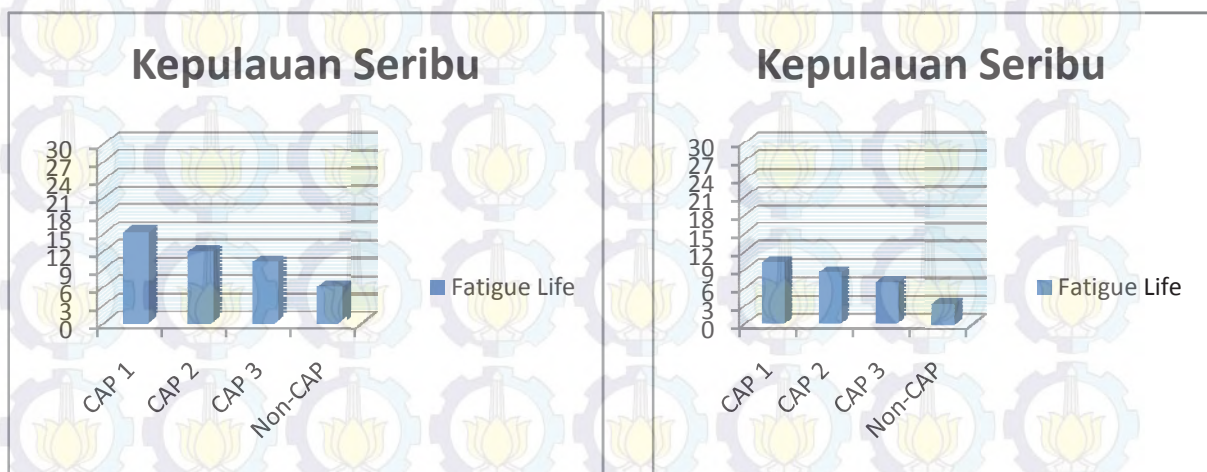
Bagan 5.1 Fatigue life sea state Bali

Sesuai dengan data perairan yang ada di *sea state* Laut Bali yang menjadi input dalam perumusan *fatigue life* menunjukkan bahwa untuk tanker CAP 1 memiliki minimum sisa umur 11.86 tahun. Sedangkan untuk rata-rata sisa umur sambungan tersebut adalah 15.32 tahun. FSO yang dikonversi dari tanker CAP 2, minimum sisa umur 9.16 tahun dan rata-rata sisa umur 12.41 tahun. Apabila FSO dihasilkan dari konversi tanker CAP 3 maka akan memiliki minimum sisa umur 7.52 dan rata-rata sisa umur 10.58 tahun. Sedangkan untuk klasifikasi tanker yang paling buru yakni Non-CAP memiliki minimal sisa umur 3.62 tahun dan rata-rata umur 6.33 tahun.

Dari hasil yang telah diperoleh dapat dilihat dimana semakin menurunnya kualitas atau klasifikasi kapal yang dikonversi, semakin menurun pula *fatigue life* konstruksi kapal itu, baik *minimal fatigue life* maupun rata-ratanya. Dalam hal ini yang dimaksudkan dengan konstruksi diwakili oleh *end connection*. Hal ini sesuai dengan logika, dimana umur suatu bangunan ditentukan oleh tingkat kualitas kekiniannya.

5.2.4 *F atigue Live FSO Sea State Kepulauan Seribu*

Dibandingkan dengan ketiga daerah *sea state* yang lain yang telah dipilih untuk variasi, kepulauan seribu memiliki tingkat keganasan yang paling kecil. Hal ini disebabkan oleh banyaknya pulau-pulau kecil yang tersebar di daerah kepulauan seribu. Adanya pulau-pulau ini dapat meredam gelombang, angin, maupun arus yang menjadi input perumusan dan sangat mempengaruhi besarnya *fatigue life* FSO yang dioperasikan di daerah itu. Bagan 5.2 menunjukkan umur tanker yang akan dikonversi menjadi FSO dengan input *environment loading* di Kepulauan Seribu.

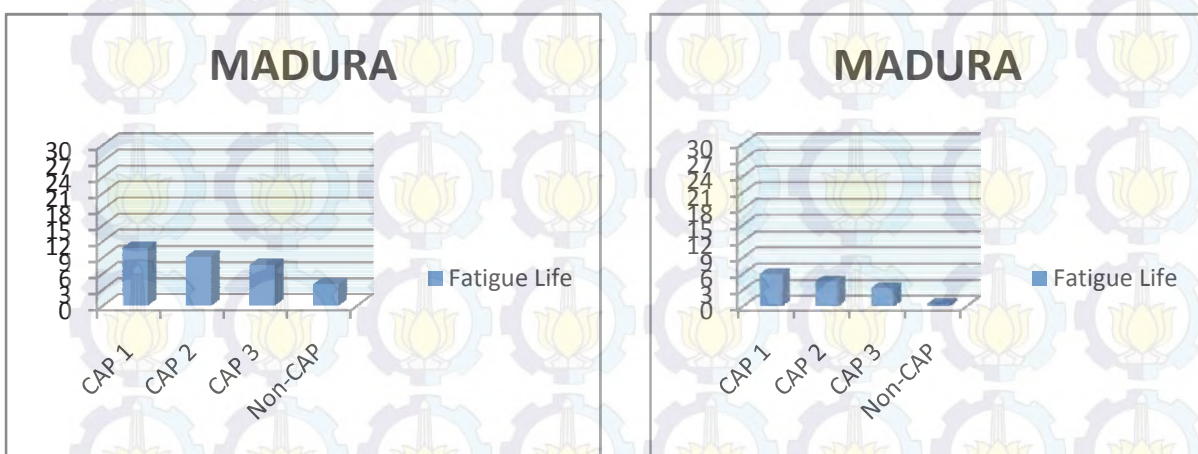


Bagan 5.2 *Fatigue life sea state* Kepulauan Seribu

Dari visualisasi grafik, baik *minimal fatigue life* maupun rata-ratanya hasil perumusan *fatigue life* dengan input *environment data* Kepulauan Seribu tidak berbeda dengan konversi yang menggunakan data *sea state* Laut Bali. Hanya saja nilai *fatigue life* di *state* ini lebih tinggi dibandingkan di Bali. Konversi FSO dari tanker CAP 1 memiliki minimum sisa umur 10.19 tahun. Sedangkan untuk rata-rata sisa umur sambungan tersebut adalah 15.24 tahun. FSO yang dikonversi dari tanker CAP 2, minimum sisa umur 8.54 tahun dan rata-rata sisa umur 11.96 tahun. Apabila FSO dihasilkan dari konversi tanker CAP 3 maka akan memiliki minimum sisa umur 6.95 dan rata-rata sisa umur 10.17 tahun. Sedangkan untuk klasifikasi tanker yang paling buru yakni Non-CAP memiliki minimal sisa umur 3.27 tahun dan rata-rata umur 6.02 tahun. Dengan obyek konversi yang sama namun ditempatkan di *sea state* yang berbeda, ternyata mempengaruhi umur FSO hasil konversi. Dari data lingkungan yang telah diperoleh menunjukkan bahwa Kepulauan Seribu memiliki *environment load* yang lebih kecil dibandingkan dengan Laut Bali ternyata mempengaruhi umur FSO yang mana dari minimum *fatigue life* maupun dari rata-rata *fatigue life* FSO di Kepulauan Seribu lebih lama dibandingkan FSO yang ditempatkan di Laut Bali.

5.2.5 Fatigue Live FSO Sea State Selat Madura

Dengan kedalaman 70 m, Selat Madura merupakan kawasan perairan dalam. Keadaan ini membuat lingkungan di sana menjadi ekstrim. Dibandingkan dengan tiga wilayah perairan lain yang ditinjau, Selat Madura memiliki gelombang tahunan yang cukup besar, yakni mencapai 3.4 m. Sedangkan untuk gelombang 100 tahunan mencapai 6.2 m. Tidak hanya itu kecepatan angin di daerah ini 16.1 m/s untuk kondisi 10 tahunan dan 29.9 m/s untuk kondisi 100 tahunan. Hal ini tentu akan sangat mempengaruhi sisa umur FSO hasil konversi yang dioperasikan di *sea state* tersebut. Bagan 5.3 berikut me

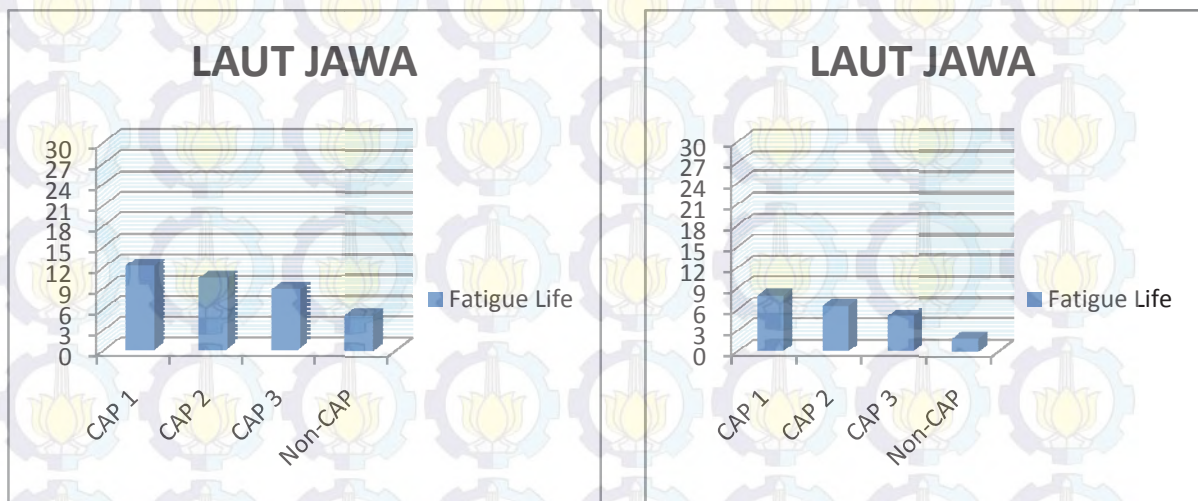


Bagan 5.3 Fatigue life sea state Selat Madura

Dengan input *environmental loading* Selat Madura dalam perumusan *fatigue life* diperoleh hasil bahwa konversi FSO dari tanker CAP 1 memiliki minimum sisa umur 5.95 tahun. Sedangkan untuk rata-rata sisa umur sambungan tersebut adalah 10.69 tahun. FSO yang dikonversi dari tanker CAP 2, minimum sisa umur 4.64 tahun dan rata-rata sisa umur 9.08 tahun. Apabila FSO dihasilkan dari konversi tanker CAP 3 maka akan memiliki minimum sisa umur 3.38 tahun dan rata-rata sisa umur 7.53 tahun. Sedangkan untuk klasifikasi tanker yang paling buru yakni Non-CAP memiliki minimal sisa umur 0.44 tahun dan rata-rata umur 3.91 tahun.

5.2.6 Fatigue Live FSO Sea State Laut Jawa

Seperti yang telah kami jelaskan di sub-bab 2.7 Kondisi Lingkungan bahwa Laut Jawa tebetang dari ujung timur pulau Jawa yang dibatasi oleh Laut Bali dan ujung barat yang dibatasi oleh Laut Natuna. Namun karena seluruh perairan Laut Jawa bersifat tipikal maka pada tesis ini kami menggunakan perairan Tuban sebagai representatif Laut Jawa. Berikut ini adalah hasil perumusan *fatigue life* dengan input data lingkungan Laut Jawa.



Bagan 5.4 *Fatigue life sea state* Selat Madura

Dari Bagan 5.4 dapat diuraikan bahwa konversi FSO dari tanker CAP 1 memiliki minimum sisa umur 7.98 tahun. Sedangkan untuk rata-rata sisa umur sambungan tersebut adalah 12.22 tahun. FSO yang dikonversi dari tanker CAP 2, minimum sisa umur 6.51 tahun dan rata-rata sisa umur 10.48 tahun. Apabila FSO dihasilkan dari konversi tanker CAP 3 maka akan memiliki minimum sisa umur 5.09 dan rata-rata sisa umur 8.81 tahun. Sedangkan untuk klasifikasi tanker yang paling buru yakni Non-CAP memiliki minimal sisa umur 1.80 tahun dan rata-rata umur 4.93 tahun.

5.3 Analisis Biaya

Dari keempat klasifikasi kondisi kapal sebagai obyek konversi di masing-masing empat *sea state* berbeda, selanjutnya adalah menganalisa mengenai biaya yang harus dikeluarkan untuk proses konversi. Pada tahap ini langkah pertama yang kami lakukan adalah menentukan *operation life* yang akan direncanakan. Berdasarkan literatur yang ada bahwa konversi tanker menjadi FSO menguntungkan bila *operation life* direncanakan kurang dari 15 tahun. Maka dari itu pada tesis ini kami menentukan umur yang direncanakan pada FSO adalah 10 tahun. Sehingga untuk mencapai umur tersebut tanker harus dikonversi dengan rincian biaya seperti tersaji pada Tabel 5.2 berikut.

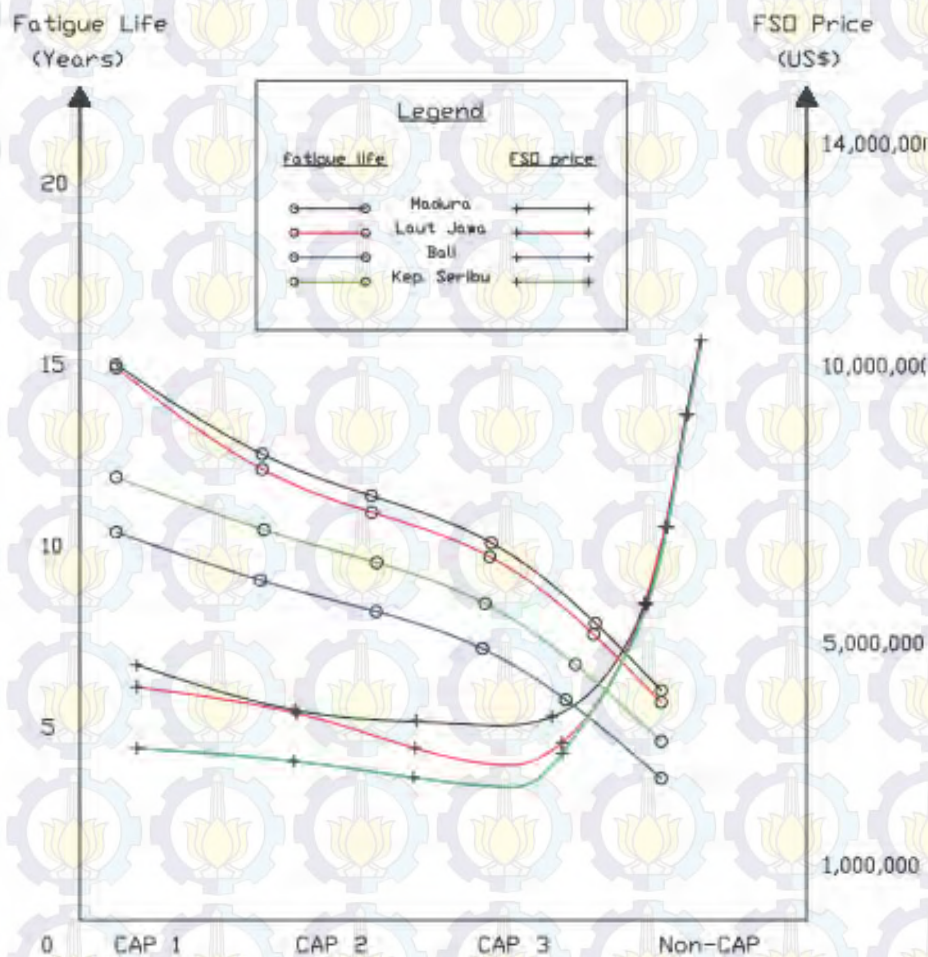
Tabel 5.2 Hasil perumusan biaya konversi tanker menjadi FSO

Sea State	Tanker Condition	Tanker Price		Conversion Cost		FSO Price Without Module	
		USD	IDR	USD	IDR	USD	IDR
MADURA	CAP 1	31100000	357.339.000.000	\$9.205.671,81	105.773.169.040	\$40.305.671,81	463.112.169.040
	CAP 2	24200000	278.058.000.000	\$8.343.346,68	95.865.053.362	\$32.543.346,68	373.923.053.362
	CAP 3	12240000	140.637.600.000	\$18.706.089,46	214.932.967.862	\$30.946.089,46	355.570.567.862
	Non-CAP	5300000	60.897.000.000	\$109.502.556,67	1.258.184.376.194	\$114.802.556,67	1.319.081.376.194
Tuban	CAP 1	31100000	357.339.000.000	\$5.722.622,86	65.752.936.684	\$36.822.622,86	423.091.936.684
	CAP 2	24200000	278.058.000.000	\$8.810.734,71	101.235.341.866	\$33.010.734,71	379.293.341.866
	CAP 3	12240000	140.637.600.000	\$12.992.649,69	149.285.544.894	\$25.232.649,69	289.923.144.894
	Non-CAP	5300000	60.897.000.000	\$110.437.483,18	1.268.926.681.770	\$115.737.483,18	1.329.823.681.770
Bali	CAP 1	31100000	357.339.000.000	\$0,00	-	\$31.100.000,00	357.339.000.000
	CAP 2	24200000	278.058.000.000	\$3.997.128,07	45.927.001.508	\$28.197.128,07	323.985.001.508
	CAP 3	12240000	140.637.600.000	\$11.729.566,55	134.772.719.685	\$23.969.566,55	275.410.319.685
	Non-CAP	5300000	60.897.000.000	\$109.502.556,67	1.258.184.376.194	\$114.802.556,67	1.319.081.376.194
Kep.Seribu	CAP 1	31100000	357.339.000.000	\$0,00	-	\$31.100.000,00	357.339.000.000
	CAP 2	24200000	278.058.000.000	\$4.004.954,65	46.016.928.895	\$28.204.954,65	324.074.928.895
	CAP 3	12240000	140.637.600.000	\$11.729.566,55	134.772.719.685	\$23.969.566,55	275.410.319.685
	Non-CAP	5300000	60.897.000.000	\$106.744.803,12	1.226.497.787.895	\$112.044.803,12	1.287.394.787.895

Komponen biaya yang menjadi acuan dalam perumusan biaya adalah material langsung, yaitu pelat. Yang kedua adalah material tak langsung antara lain kawat las, dan gas oxygen acetyllen serta yang ketiga adalah *labour cost*. Dari ketiga biaya tersebut ditambah dengan *allowance* sebagai asumsi pengganti dari biaya tak langsung dan *overhead* sebesar 2%. Namun dalam perumusan ini kami tidak mengikutsertakan biaya modul karena dengan kapasitas produksi dan *storage* yang sama biaya modul adalah sama, sehingga dapat diabaikan. Tabel 5.2 menyajikan hasil perumusan ekonomis dari tanker yang dikonversi menjadi FSO di empat *sea state* berbeda. Harga yang tercantum di Tabel 5.2 sudah termasuk keuntungan galangan sebesar 30% dari total biaya langsung dan tak langsung.

Dari kedua analisa yang telah dilakukan, yakni analisa *fatigue life* dan analisa biaya dapat kami buat suatu sistem untuk menentukan keputusan (*decision maker*). Gambar 5.1

memvisualisasikan pengambilan keputusan, dimana pilihan yang paling menguntungkan adalah ketika grafik *fatigue life* bertemu dengan grafik *FSO price* di satu titik. Dari situ dapat ditarik kesimpulan yanker dengan kondisi apa yang menguntungkan jika dikonversi menjadi FSO sehingga membutuhkan biaya yang paling ekonomis.



Gambar 5.1 Grafik *decision maker*

untuk operasi FSO selama 10 tahun di *sea state* Selat Madura menguntungkan apabila mengkonversi tanker CAP 3 dengan biaya konversi dan harga beli sebesar US\$ 30,946,089.46. Di *sea state* Tuban sebagai *representatif* dari Laut Jawa *owner* juga akan lebih untung jika FSO dibuat dari konversi tanker CAP 3 yaitu membutuhkan biaya sebesar US\$ 25,232,649.69.

Sama dengan dua *sea state* sebelumnya, Laut Bali yang notabene memiliki kondisi lingkungan yang lebih rendah juga lebih menguntungkan jika pemenuhan kebutuhan FSO di daerah tersebut menggunakan konversi kapal tanker CAP 3. *Owner* dapat memiliki FSO dengan harga US\$ 23,969,566.55. Sedangkan di Kepulauan Seribu tanker CAP 3 juga

merupakan pilihan yang paling menguntungkan untuk memenuhi kebutuhan FSO, yaitu dengan harga US\$ 23,969,566.55. Biaya konversi antara FSO untuk *sea state* Laut Bali dan Kepulauan Seribu relatif sama karena selisih *environmental load* keduanya tidak terpaut jauh.

5.3.1 Analisis Ekonomis FSO New Build dan Conversion

Sebuah *Floating Storage And Offloading* dapat dibuat dengan membangun baru dan dengan proses konversi, dimana dari kedua cara tersebut dapat mengakomodir *requirement* yang disyaratkan oleh *owner*. Dilihat dari segi umur, tentu FSO bangunan baru memiliki umur lebih panjang dibandingkan dengan FSO hasil konversi. *Common Structural Rules for Oil Tanker* (CSR) menyebutkan bahwa FSO yang dibangun dengan menggunakan *code* ini akan memiliki umur atau *fatigue life* minimal 25 tahun. (CSR Appendix C, *fatigue strength assessment*). Namun hal ini tidak diperlukan jika produksi di suatu *field* diperkirakan kurang dari 10 tahun. Sehingga dalam analisa terakhir pada tesis ini kami menganalisa perbandingan ekonomis antara kedua opsi untuk membangun sebuah FSO.

Berdasarkan *weekly market report* yang diterbitkan oleh *Intermodal Research and Valuation* pada Juli 2014, dua FSO dengan kapasitas masing-masing 40000 DWT milik STP Pan Ocean dan Chinese Petroleum Corp yang dibangun di CSBC Taiwan dan direncanakan *delivery* tahun 2016 mencapai harga US\$ 43,000,000 dan US\$ 43,020,000. Sedangkan Teekay LNG membangun FSO dengan kapasitas 29450 DWT di Hanjin Subic Bay dengan harga US\$ 45,000,000. Selain itu Greathorse membangun FSO dengan kapasitas 25000 DWT di Fukuoka mengeluarkan biaya sebesar US\$ 40,000,000. Dari data-data tersebut *Intermodal Research and Valuation* mengeluarkan suatu *indicative newbuilding prices* sebagai berikut,

Vessel Type	Size	Price
Floating Storage and Offloading	Capesize	US\$ 180,000,000
	Kamsarmax	US\$ 82,000,000
	Panamax	US\$ 77,000,000
	Supramax	US\$ 58,000,000
	Handysize	US\$ 35,000,000

Tabel 5.3 *Indicative newbuilding prices*

Pada tesis ini kami menggunakan harga FSO dengan ukuran *handysize* sebagai pembandingan harga FSO konversi yang telah kami rumuskan. Hal ini karena ukuran FSO yang menjadi obyek penelitian pada tesis ini memiliki kapasitas 30000 DWT dan termasuk dalam kategori *handysize*.

Berikut ini adalah perbandingan harga antara FSO bangunan baru dan konversi,

Sea State	Price	
	New Build	Conversion Tanker CAP 3
Selat Madura	US\$ 35,000,000.00	US\$ 30,946,089.46
Laut Jawa		US\$ 25,232,649.69
Perairan Bali		US\$ 23,969,566.55
Kepulauan Seribu		US\$ 23,969,566.55

Tabel 5.4 Perbandingan harga FSO bangunan baru dan konversi

Dari Tabel 5.4 dapat kita ketahui bahwa pemilihan FSO untuk dioperasikan di perairan Laut Jawa dan sekitarnya selama 10 tahun lebih menguntungkan jika dilakukan dengan cara mengonversi tanker dengan kondisi CAP 3. Di Selat Madura pemilihan konversi dapat menghemat biaya sebesar 11.58% dari pada harus membeli FSO baru. Untuk Laut Jawa *owner* dapat menghemat sebesar 27.91%. Sedangkan untuk di daerah Bali dan Kepulauan Seribu penghematan bisa didapatkan hingga 31.52%. Hal ini tentu akan sangat menguntungkan bagi para *owner* dalam menjalankan proses bisnisnya.



BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Pendahuluan

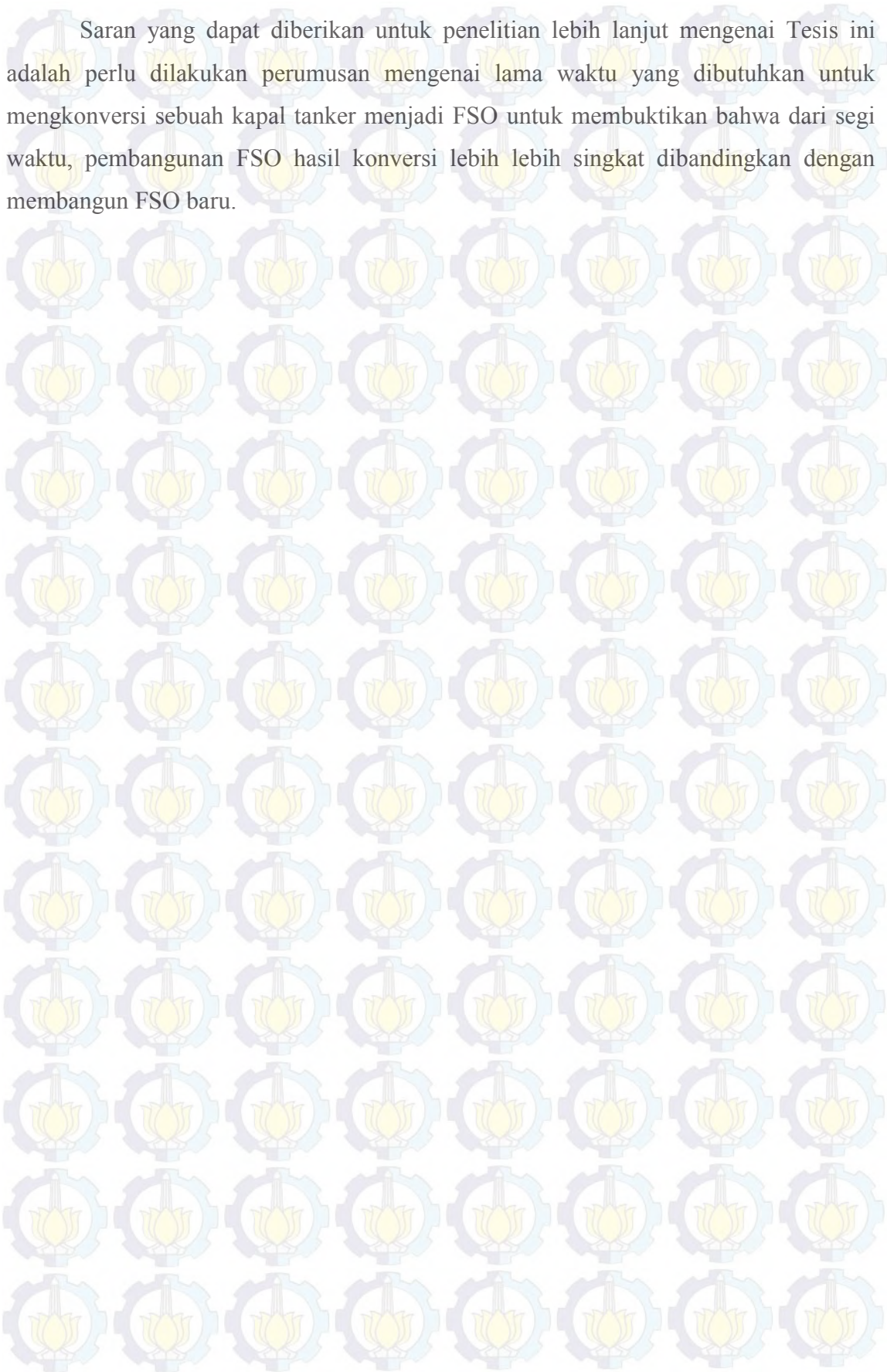
Bab 6 ini merupakan hasil simpulan dari seluruh proses perumusan pada bab 4 dan hasil analisis baik *fatigue life* maupun biaya yang dilakukan pada bab 5. Dari perumusan *fatigue life owner* dapat menentukan tanker dengan kondisi seperti apa yang layak dan menguntungkan jika dikonversi menjadi FSO. Sedangkan dengan analisis biaya, tentu sangat memberikan kontribusi yang sangat besar terkait dengan investasi yang harus dikeluarkan oleh *owner*. Dari kedua analisis tersebut dapat menjadi acuan untuk mengambil keputusan yang benar-benar *win win solution*.

6.2 Kesimpulan

1. Pada periode gelombang 100 tahunan, Laut Jawa memiliki *significant wave* relatif sama di setiap daerah yaitu 4.6 m, kecuali di Selat Madura 6.2 m, Perairan Bali 3.4 m, dan Kepulauan Seribu 3 m.
2. Dari perhitungan *fatigue life* menunjukkan bahwa apabila Tanker 30000 DWT dioperasikan sebagai FSO di Selat Madura, Laut Jawa, Kepulauan Seribu, Laut Bali masing-masing secara berurutan memiliki sisa umur sebagai berikut,
CAP 1 : 10.7 tahun, 12.2 tahun, 15.2 tahun, dan 15.3 tahun
CAP 2 : 9.1 tahun, 10.5 tahun, 11.9 tahun, dan 12.4 tahun
CAP 3 : 7.5 tahun, 8.8 tahun, 10.2 tahun, dan 10.6 tahun
Non-CAP: 3.9 tahun, 4.9 tahun, 6.0 tahun, dan 6.3 tahun
3. Dari perhitungan aspek ekonomis yang berdasarkan *fatigue life* menunjukkan bahwa apabila Tanker 30000 DWT dioperasikan sebagai FSO di Selat Madura, Laut Jawa, Kepulauan Seribu, Laut Bali masing-masing secara berurutan memiliki sisa umur sebagai berikut,
CAP 1 : US\$ 40,305,671.81, US\$ 36,822,622.86, US\$ 31,100,000.00, dan US\$ 31,100,000.00
CAP 2 : US\$ 32,543,346.68, US\$ 33,010,734.71, US\$ 28,204,954.65, dan US\$ 28,197,128.07
CAP 3 : US\$ 30,946,089.46, US\$ 25,232,649.69, US\$ 23,969,566.55, dan US\$ 23,969,566.55
Non-CAP :US\$ 114,802,556.67, US\$ 115,737,483.18, US\$ 112,044,803.12, dan US\$ 114,802,556.67
4. Berdasarkan analisa *fatigue life* dan ekonomis pada tesis ini, Tanker CAP 3 adalah opsi terbaik untuk dikonversi menjadi FSO untuk masa operasi 10 tahun dengan rincian harga sebagai berikut,
Selat Madura :US\$ 30,946,089.46
Laut Jawa :US\$ 25,232,649.69
Kepulauan Seribu :US\$ 23,969,566.55
Laut Bali :US\$ 23,969,566.55

6.3 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut mengenai Tesis ini adalah perlu dilakukan perumusan mengenai lama waktu yang dibutuhkan untuk mengkonversi sebuah kapal tanker menjadi FSO untuk membuktikan bahwa dari segi waktu, pembangunan FSO hasil konversi lebih lebih singkat dibandingkan dengan membangun FSO baru.



DAFTAR PUSTAKA

- American Bureau of Shipping. 2010. **Guide for Building and Classing – Floating Production Installation**. Huston, TX 77060 USA.
- Ayyub, B.M., Assakaf, I.A., Kihl, D.P., and Sieve, M.W., 2010. “Reliability-Based Design Guidelines for Fatigue of Ship Structures”. **Center for Technology & Systems Management, Department of Civil & Environmental Engineering, University of Maryland, College Park**.
- Bai, Yong. 2003. **Marine Structural Design**. Oxford : Elsevier Science Ltd.
- Biro Klasifikasi Indonesia. 2006. **Rules for The Classification and Construction of Seagoing Steel Ships, Volume II, Rules for Hull**. Jakarta : Biro Klasifikasi Indonesia.
- Bonniol, V., Bureau Veritas. 2009. “**Spectral Fatigue for FPSO Conversion**”, New Orleans : Bureau Veritas.
- D. Mailoa (Berthy), Huberth. 2013. Jurnal Maritim. *Conoco Phillips*.
- Fearnresearch Report. *Oil and Tanker Market*. Norway, 2004.
- International Association of Classification Societies. 2010. **Common Structural Rules for Double Hull Oil Tanker**. London : IACS Council.
- International Association of Classification Societies. 2006. **Common Structural Rules for Bulk Carriers**. London : IACS Council.
- ISL. 2012. **Shipping Statistic and Market Review**. Vol. 56 No. 3.
- Kelly, G. 2007. CAP Surveys Experience and Practical Advise. Oslo, Norway.
- Oh, M.H., Sim, W.S., and Shin, H.S., Hyundai Heavy Industries, Co., Ltd., May 2003. “Fatigue Analysis of Kizomba 'A' FPSO using Direct Calculation based on FMS”. **Offshore Technology Conference, OTC 15066**.

- 
- Olziersky, Yannis. **Intermodal Research and Valuation**. *Weekly Market Report*. 2014.
- P. Biasotto, V. Bonniol, P. Cambos; Bureau Veritas (2005). **Selection of Trading Tankers for FPSO Conversion Project**. Offshore Technology Conference (OTC 17506).
- R Li, M Wang, Y S Won, S. 2006. **Floating Production Systems**. **16th International Ship And Offshore Structures Congress**, August 2006, Southampton, UK.
- T. Terpstra, IHC Gusto Engineering; B.B. d’Hautefeuille, A.A. MacMillan, Det Norske Veritas; 2001. **FPSO Design and Conversion : A Designer’s Approach**. Offshore Technology Conference (OTC 13210).
- Widodo, M.T. 2010. **Kendalan Scantling Struktur Geladak Dan Dasar Pada Konversi Tanker Menjadi FPSO Terhadap Beban Kelelahan**. Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

BIODATA PENULIS

- Nama lengkap** : Wahyu Ade Saputra
- Jenis kelamin** : Laki-Laki
- Tempat, tanggal lahir** : Trenggalek, 28 Maret 1991
- Alamat asal** : Ds. Durenan Kec. Durenan Kab. Trenggalek
- Alamat saat ini** : Keputih gg 3C No.50 Surabaya
- No. Telepon / HP** : 087854479279
- Alamat email** : saputra_ade@yahoo.com
- Pendidikan**
- 1995 – 1997 : TK Darma Wanita II Durenan
 - 1997 – 2003 : SDN I Durenan
 - 2003 – 2006 : SMPN I Durenan
 - 2006 – 2009 : SMAN I Boyolangu
 - 2009 – sekarang : Program Sarjana (S-1) Jurusan Teknik Perkapalan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

TESIS

Nama : Wahyu Ade Saputra

NRP : 4112203902

Perhitungan fatigue life kapal Tanker untuk konversi menjadi FSO
yang beroperasi di Laut Jawa

General spesification MT. FASTRON

Name of ship	=	30000 DWT	
Call Sign	=	YDZH	
IMO Number	=	9329318	
Kind of vessels	=	Crude Oil Tanker	
Place of building	=	INDONESIA	
Date of delivery	=	24-5-2006	
LOA	=	180	m
LBP	=	173	m
Breadth	=	30,5	m
Depth	=	15,6	m
Summer draft	=		m
Designed draft	=	8,98	m
Full displacement	=		ton
DWT (summer)	=	30770	ton
LWT	=		ton
Speed	=	12,5	knot
GT	=	22481	
NT	=	7829	

TABULASI PELAT DAN PROFIL MIDSHIP SECTION

L. NO.	SIDE SHELL LONGITUDINAL	Ukuran Profil	
		Panjang	Tebal
1	220 x 10 HP	220	10
2	220 x 10 HP	220	10
3	220 x 10 HP	220	10
4	220 x 10 HP	220	10
5	220 x 10 HP	220	10
6	-	-	-
7	260 x 11 HP	260	11
8	260 x 11 HP	260	11
9	260 x 11 HP	260	11
10	260 x 11 HP	260	11
11	-	-	-
12	280 x 12 HP	280	12
13	280 x 12 HP	280	12
14	300 x 11 HP	300	11
15	300 x 11 HP	300	11
16	-	-	-
17	300 x 11 HP	300	11
18	300 x 11 HP	300	11

L. NO.	INNER SHELL BULKHEAD LONGITUDINALS	Ukuran Profil	
		Panjang	Tebal
1	220 x 10 HP	220	10
2	220 x 10 HP	220	10
3	220 x 10 HP	220	10
4	220 x 10 HP	220	10
5	220 x 10 HP	220	10
6	-	-	-
7	260 x 11 HP	260	11
8	260 x 11 HP	260	11
9	260 x 11 HP	260	11
10	260 x 11 HP	260	11
11	-	-	-
12	280 x 12 HP	280	12
13	280 x 12 HP	280	12
14	300 x 11 HP	300	11
15	300 x 11 HP	300	11
16	-	-	-
17	200 x 11 HP	200	11
18	200 x 11 HP	200	11

NO.from left	BOTTOM LONGITUDINALS	Ukuran Profil	
		Panjang	Tebal
1	320 x 12 HP	320	12
2	300 x 12 HP	300	12
3	300 x 12 HP	300	12
4	300 x 12 HP	300	12
5	300 x 12 HP	300	12
6	300 x 12 HP	300	12
7	300 x 12 HP	300	12
8	300 x 12 HP	300	12
9	300 x 12 HP	300	12
10	300 x 12 HP	300	12
11	300 x 12 HP	300	12
12	300 x 12 HP	300	12
13	300 x 12 HP	300	12
14	300 x 12 HP	300	12
15	300 x 12 HP	300	12
16	300 x 12 HP	300	12
17	300 x 12 HP	300	12
18	300 x 12 HP	300	12
19	300 x 12 HP	300	12
20	300 x 12 HP	300	12
21	300 x 12 HP	300	12
22	300 x 12 HP	300	12
23	300 x 12 HP	300	12
24	300 x 12 HP	300	12
25	300 x 12 HP	300	12
26	320 x 12 HP	320	12

NO.from left	DECK LONGITUDINALS	Ukuran Profil	
		Panjang	Tebal
1	220 x 12 HP	220	12
2	220 x 12 HP	220	12
3	220 x 12 HP	220	12
4	220 x 12 HP	220	12
5	220 x 12 HP	220	12
6	220 x 12 HP	220	12
7	220 x 12 HP	220	12
8	220 x 12 HP	220	12
9	220 x 12 HP	220	12
10	220 x 12 HP	220	12
11	220 x 12 HP	220	12
12	220 x 12 HP	220	12
13	220 x 12 HP	220	12
14	220 x 12 HP	220	12
15	220 x 12 HP	220	12
16	220 x 12 HP	220	12
17	220 x 12 HP	220	12
18	220 x 12 HP	220	12
19	220 x 12 HP	220	12
20	220 x 12 HP	220	12
21	220 x 12 HP	220	12
22	220 x 12 HP	220	12
23	220 x 12 HP	220	12
24	220 x 12 HP	220	12
25	220 x 12 HP	220	12
26	220 x 12 HP	220	12
27	220 x 12 HP	220	12
28	220 x 12 HP	220	12
29	220 x 12 HP	220	12
30	220 x 12 HP	220	12
31	220 x 12 HP	220	12
32	220 x 12 HP	220	12

TABULASI PELAT DAN PROFIL MIDSHIP SECTION			
NO.	Plate Name	Ukuran Profil	
		Panjang	Tebal
1	Keel Plate	1780	16
2	Bottom Plate	31290	13
3	Inner Bottom Plate	24200	14
4	Side Shell Plate	26840	12
5	Inner Side Shell Plate	24340	12,5
6	Deck Plate	30834	12,5
7	Long. Bulkhead Plate	28200	12,5
8	Bottom Girder Plate	2000	11,5
9	Wrang Plate	27730	11
10	Face Plate Long. Bulkhead	400	15
11	Face Plate Wing Tank	2000	11
12	Side Stringer	2000	10,5
13	Face Plate Strong Beam	1300	11

L. NO.	CENTER BULKHEAD LONGITUDINALS	Ukuran Profil	
		Panjang	Tebal
1	220 x 10 HP	220	10
2	220 x 10 HP	220	10
3	220 x 10 HP	220	10
4	220 x 10 HP	220	10
5	220 x 10 HP	220	10
6	220 x 10 HP	220	10
7	220 x 10 HP	220	10
8	260 x 11 HP	260	11
9	260 x 11 HP	260	11
10	260 x 11 HP	260	11
11	260 x 11 HP	260	11
12	280 x 12 HP	280	12
13	280 x 12 HP	280	12
14	280 x 12 HP	280	12
15	300 x 11 HP	300	11
16	300 x 11 HP	300	11
17	280 x 12 HP	280	12
18	-	-	-

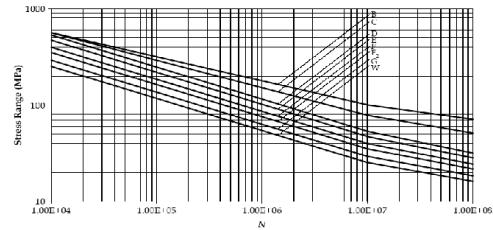
NO.from left	INNER BOTTOM LONGITUDINALS	Ukuran Profil	
		Panjang	Tebal
1	320 x 12 HP	320	12
2	320 x 12 HP	320	12
3	320 x 12 HP	320	12
4	320 x 12 HP	320	12
5	320 x 12 HP	320	12
6	320 x 12 HP	320	12
7	320 x 12 HP	320	12
8	320 x 12 HP	320	12
9	320 x 12 HP	320	12
10	320 x 12 HP	320	12
11	320 x 12 HP	320	12
12	320 x 12 HP	320	12
13	320 x 12 HP	320	12
14	320 x 12 HP	320	12
15	320 x 12 HP	320	12
16	320 x 12 HP	320	12
17	320 x 12 HP	320	12
18	320 x 12 HP	320	12
19	320 x 12 HP	320	12
20	320 x 12 HP	320	12
21	320 x 12 HP	320	12
22	320 x 12 HP	320	12
23	320 x 12 HP	320	12
24	320 x 12 HP	320	12
25	320 x 12 HP	320	12
26	320 x 12 HP	320	12
27	320 x 12 HP	320	12
28	320 x 12 HP	320	12

B Karakteristik Sambungan

1 S-N Curve

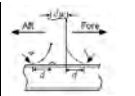
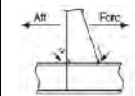
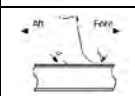
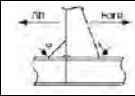
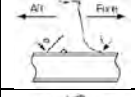

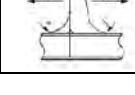
$$S^m N = K_2$$

Class	m	K2	S _q
B	4	1,01E+15	100,2
C	3,5	4,23E+13	78,2
D	3	1,50E+12	53,4
E	3	1,04E+12	47,0
F	3	6,30E+11	39,8
F2	3	4,30E+11	35,0
G	3	2,50E+11	29,2
W	3	1,60E+11	25,2

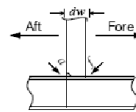
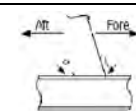
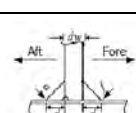


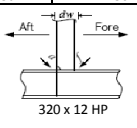
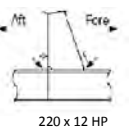
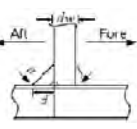
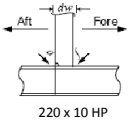
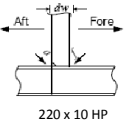
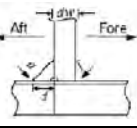
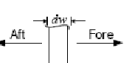
2 Karakteristik sambungan (CSR JTP & JBP)

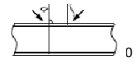
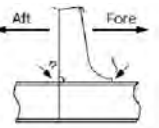
No.	Tipe Sambungan	Assess Point	Collar Plate	No ID	Bracket Size	Class	Stress concentration factor			
							Kgl	Kgh	KdF	KdA
1		a	watertight	1	-	F2	1,5	1,1	1,15	1,5
			non-watertight	2	-	F2	1,65	1,1	-	-
			f	3	-	F2	1,1	1,05	1,55	1,05
2		a	watertight	4	dwsd<1.5dw	F2	1,45	1,1	1,15	1,5
			5	1.5dwsd	F2	1,4	1,05	1,15	1,35	
			6	dwsd<1.5dw	F2	1,55	1,1	-	-	
		f	7	1.5dwsd	F2	1,5	1,05	-	-	
			8	dwsd<1.5dw	F2	1,1	1,05	1,15	1,1	
3		a	watertight	9	1.5dwsd	F2	1,05	1,05	1,1	1,05
			10	dwsd<1.5dw	F2	1,4	1,1	1,1	1,35	
			11	1.5dwsd	F2	1,35	1,05	1,05	1,3	
		f	12	dwsd<1.5dw	F2	1,5	1,1	-	-	
			13	1.5dwsd	F2	1,45	1,05	-	-	
			14	dwsd<1.5dw	F	1,05	1,05	1,1	1,05	
			15	1.5dwsd	F	1,05	1,05	1,05	1,05	
4		a	watertight	16	dwsd<1.5dw	F2	1,1	1,05	1,05	1,25
			17	1.5dwsd	F2	1,05	1,05	1,05	1,2	
		f	watertight	18	dwsd<1.5dw	F2	1,3	1,1	1,35	1,05
			19	1.5dwsd	F2	1,3	1,05	1,3	1,05	
5		a	watertight	20	dwsd<1.5dw	F2	1,4	1,1	-	-
			21	1.5dwsd	F2	1,4	1,05	-	-	
		f	22	dwsd<1.5dw	F	1,1	1,05	1,05	1,2	
			23	1.5dwsd	F	1,05	1,05	1,05	1,15	
			24	dwsd<1.5dw	F2	1,3	1,1	1,55	1,1	
			25	1.5dwsd	F2	1,3	1,05	1,5	1,05	
			26	dwsd<1.5dw	F2	1,35	1,1	-	-	
			27	1.5dwsd	F2	1,35	1,05	-	-	
6		a	watertight	28	dwsd<1.5dw	F2	1,1	1,05	1,05	1,1
			29	1.5dwsd	F2	1,05	1,05	1,05	1,05	
			30	dwsd<1.5dw	F2	1,15	1,05	-	-	
		f	31	1.5dwsd	F2	1,1	1,05	-	-	
			32	dwsd<1.5dw	F2	1,05	1,05	1,1	1,05	
			33	1.5dwsd	F2	1,05	1,05	1,05	1,05	
7		a	watertight	34	dwsd<1.5dw	F2	1,1	1,05	1,05	1,2
			35	1.5dwsd	F2	1,05	1,05	1,05	1,15	
			36	dwsd<1.5dw	F2	1,15	1,05	-	-	
		f	37	1.5dwsd	F2	1,1	1,05	-	-	
			38	dwsd<1.5dw	F	1,05	1,05	1,05	1,05	
			39	1.5dwsd	F	1,05	1,05	1,05	1,05	
			40	dwsd<1.5dw	F	1,1	1,1	1,05	1,15	

8		a	non-watertight	41	1.5dwsd	F	1,05	1,05	1,05	1,1
				42	dwsd<1.5dw	F	1,1	1,1	-	-
				43	1.5dwsd	F	1,05	1,05	-	-
		f	watertight	44	dwsd<1.5dw	F	1,05	1,05	1,1	1,05
				45	1.5dwsd	F	1,05	1,05	1,05	1,05
9		a	watertight	46	-	F2	1,4	1,05	1,05	1,75
		f	watertight	47	-	F2	1,05	1,05	1,7	1,05
10		a	watertight	48	-	F2	1,3	1,05	1,05	1,75
		f	watertight	49	-	F	1,55	1,05	1,3	1,05
11		a	watertight	50	-	F2	1,1	1,05	1,05	1,2
		f	watertight	51	-	F	1,75	1,05	1,4	1,05
12		a	watertight	52	-	F2	1,1	1,05	1,05	1,2
		f	watertight	53	-	F	1,3	1,05	1,05	1,05
13		a	watertight	54	-	F2	1,05	1,05	1,05	1,15
		f	watertight	55	-	F	1,95	1,05	1,55	1,05
14		a	watertight	56	-	F	1,05	1,05	1,05	1,15
		f	watertight	57	-	F	1,7	1,05	1,15	1,05

3 Detail Sambungan

No.	Sambungan	Tipe struktural		Karakter Sambungan Terhadap S-N Curve (CSR JTP)				Faktor Konsentrasi Tegangan (CSR JBP Sect 8)					Jumlah			Nomor Elemen		Fatigue		
		Bracket dw	Ukuran Penegar 1.5dw	Class	K2 atau A	m	S _q	K _{gl}	K _{gh}	K _{gr}	K _{da}	K	Transverse	Longitudinal	Total	Hogging	Sagging	Σ ^D	Tanker Live (Tahun)	Fatigue Live (Tahun)
S1	Antara pembujur sisi & Sekat melintang 3			F2	4,3E+11	3	35	1,1	1,05	1,55	1,05	1,880	30	9	270	68808	69649	0,873	28,628	15,628
S2	Antara pembujur sisi & web transverse 47			F2	4,3E+11	3	35	1,05	1,05	1,7	1,05	1,968	30	55	1650	91042	92133	9,96E-01	25,089	12,089
S3	Antara pembujur Bottom & Sekat melintang 33		Penegar 320 x 12 HP	F2	4,3E+11	3	35	1,05	1,05	1,05	1,05	1,216	26	9	234	133975	135710	8,73E-01	28,633	15,633

		Bracket	BF 1200*1500*12.0* 150*12.0																
		d	1500																
		dw	500																
		1.5dw	750																
S4	Antara pembujur Bottom & web transverse 3		F2	4,3E+11	3	35	1,1	1,05	1,55	1,05	1,880	26	55	1430	100636	101873	9,33E-01	26,790	13,790
S5	Antara pembujur deck & web transverse 47		F2	4,3E+11	3	35	1,05	1,05	1,7	1,05	1,968	32	55	1760	124199	125861	9,38E-01	26,654	13,654
S6	Antara pembujur deck & Sekat Melintang 17		F2	4,3E+11	3	35	1,05	1,05	1,05	1,2	1,389	32	9	288	135974	137714	0,91	27,346	14,346
		Penegar	220 x 12 HP																
		Bracket	BF 900*900*11.5* 130*12.0																
		d	900																
		dw	325																
		1.5dw	487,5																
S7	Antara pembujur sekat memanjang & Sekat melintang 3		F2	4,3E+11	3	35	1,1	1,05	1,55	1,05	1,880	17	9	153	70137	71001	1,01E+00	24,865	11,865
S8	Antara pembujur sekat memanjang & web transverse 3		F2	4,3E+11	3	35	1,1	1,05	1,55	1,05	1,880	17	55	935	91091	92197	1,01	24,865	11,865
S9	Antara pembujur Inner Bottom & Sekat melintang 17		F2	4,3E+11	3	35	1,05	1,05	1,05	1,2	1,389	28	9	252	62979	63856	0,685849	36,451	23,451
		Penegar	320 x 12 HP																
		Bracket	BF 900*900*11.5* 130*12.0																
		d	900																
		dw	325																
		1.5dw	487,5																
S10	Antara pembujur Inner Bottom & Solid Floor 3		F2	4,3E+11	3	35	1,1	1,05	1,55	1,05	1,880	28	55	1540	93569	94697	0,737023	33,920	20,920

																			
S11	End connection pada web transverse 49		F	6,3E+11	3	39,8	1,55	1,05	1,3	1,05	2,222	8	9	72	84242	85275			

L. NO.	SIDE SHELL LONGITUDINAL	Ukuran Profil		z
		Panjang	Tebal	
1	220 x 10 HP	220	10	14,77
2	220 x 10 HP	220	10	13,97
3	220 x 10 HP	220	10	13,17
4	220 x 10 HP	220	10	12,37
5	220 x 10 HP	220	10	11,57
6	-	-	-	
7	260 x 11 HP	260	11	10,13
8	260 x 11 HP	260	11	9,33
9	260 x 11 HP	260	11	8,53
10	260 x 11 HP	260	11	7,73
11	-	-	-	
12	280 x 12 HP	280	12	6,25
13	280 x 12 HP	280	12	5,45
14	300 x 11 HP	300	11	4,65
15	300 x 11 HP	300	11	3,85
16	-	-	-	
17	300 x 11 HP	300	11	2,8
18	300 x 11 HP	300	11	2

Side Shell Plate	
1	14,4
2	12,72
3	10,74
4	8,44
5	6,1
6	4,1
7	2,65
8	1,27
9	0,25

L. NO.	INNER SHELL BULKHEAD LONGITUDINALS	Ukuran Profil		z
		Panjang	Tebal	
1	220 x 10 HP	220	10	14,77
2	220 x 10 HP	220	10	13,97
3	220 x 10 HP	220	10	13,17
4	220 x 10 HP	220	10	12,37
5	220 x 10 HP	220	10	11,57
6	-	-	-	
7	260 x 11 HP	260	11	10,13
8	260 x 11 HP	260	11	9,33
9	260 x 11 HP	260	11	8,53
10	260 x 11 HP	260	11	7,73
11	-	-	-	
12	280 x 12 HP	280	12	6,25
13	280 x 12 HP	280	12	5,45
14	300 x 11 HP	300	11	4,65
15	300 x 11 HP	300	11	3,85
16	-	-	-	
17	200 x 11 HP	200	11	2,7
18	200 x 11 HP	200	11	2,3

L. NO.	CENTRE BULKHEAD LONGITUDINAL	Ukuran Profil		z
		Panjang	Tebal	
1	220 x 10 HP	220	10	14,77
2	220 x 10 HP	220	10	13,97
3	220 x 10 HP	220	10	13,17
4	220 x 10 HP	220	10	12,37
5	220 x 10 HP	220	10	11,57
6	220 x 10 HP	220	10	10,77
7	220 x 10 HP	220	10	10,13

8	260 x 11 HP	260	11	9,33
9	260 x 11 HP	260	11	8,53
10	260 x 11 HP	260	11	7,73
11	260 x 11 HP	260	11	6,93
12	280 x 12 HP	280	12	6,25
13	280 x 12 HP	280	12	5,45
14	280 x 12 HP	280	12	4,65
15	300 x 11 HP	300	11	3,85
16	300 x 11 HP	300	11	3,05
17	280 x 12 HP	280	12	2,8
18	-	-	-	-

NO.	PLACE PLATE	Panjang
1	SIDE SHELL	1600
2		1700
3		2380
4		2380
5		2380
6		1780
7		1250
8		1506
9		494

NO.	PLACE PLATE	Panjang
1	INNER SHELL BULKHEAD LONGITUDINALS	2380
2		1770
3		1480
4		1780
5		2380
6		2380
7		2000

NO.	PLACE PLATE	Panjang
1	LONGITUDINAL BULKHEAD PLATE	2350
2		2230
3		2380
4		2380
5		2380
6		2380

NO.	PLACE PLATE	Panjang
1	BOTTOM PLATE	28720

NO.	PLACE PLATE	Panjang
1	INNER BOTTOM PLATE	30500

NO.	PLACE PLATE	Panjang
1	DECK PLATE	30500

NO.	PLACE PLATE	Panjang
1	KEEL PLATE	1780

Inner Side Shell Plate	
1	14,08
2	12,07
3	10,5
4	8,92
5	6,91
6	4,61
7	2,71

Long. Bulkhead Plate	
1	14,46
2	12,25
3	10,02
4	7,71
5	5,41
6	3,1

a	0,8
---	-----

Kapal dikelaskan tahun :	1993	; survei pembaruan kelas tiap 5 tahun sekali	
	5	85%	
	10	2013	2014
	15	prosentase kondisi 95%	

Tebal saat survey kondisi
Tebal saat survey kondisi tahun 2013

Tebal pelat pada tahun 2014

No	ITEM PLATE	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria
					Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]		
1	Keel Plate	16		15,2	0,3	0,3	14,9	0,0149	13,6	accepted
2	Bottom Plate	13		12,35	0,3	0,3	12,05	0,01205	11,05	accepted
3	Inner Bottom Plate	14		13,3	0,1	0,1	13,2	0,0132	11,9	accepted
4	Side Shell Plate	12		11,4	0,03	0,03	11,37	0,01137	10,2	accepted
5	Inner Side Shell Plate	12,5		11,875	0,1	0,1	11,775	0,011775	10,625	accepted
6	Deck Plate	12,5		11,875	0,1	0,1	11,775	0,011775	10,625	accepted
7	Long. Bulkhead Plate	12,5		11,875	0,1	0,1	11,775	0,011775	10,625	accepted
8	Bottom Girder Plate	11,5		10,925	0,1	0,1	10,825	0,010825	9,775	accepted
9	Wrang Plate	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted
10	Face Plate Long. Bulkhead	15		14,25	0,1	0,1	14,15	0,01415	12,75	accepted
11	Face Plate Wing Tank	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted
12	Side Stringer	10,5		9,975	0,1	0,1	9,875	0,009875	8,925	accepted
13	Face Plate Strong Beam	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted

No	ITEM PLATE	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria
					Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]		
8	Plate 11.5 mm	11,5	TRANS. BULKH	10,925	0,1	0,1	10,825	0,010825	9,775	accepted
9	Plate 13 mm	13		12,35	0,1	0,1	12,25	0,01225	11,05	accepted
10	Plate 13.5 mm	13,5		12,825	0,1	0,1	12,725	0,012725	11,475	accepted
11	Plate 14 mm	14		13,3	0,1	0,1	13,2	0,0132	11,9	accepted
12	Plate 14.5 mm	14,5		13,775	0,1	0,1	13,675	0,013675	12,325	accepted
13	Plate 15 mm	15		14,25	0,1	0,1	14,15	0,01415	12,75	accepted
14	Plate 15.5 mm	15,5		14,725	0,1	0,1	14,625	0,014625	13,175	accepted

No	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria	
				Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]			
1	10	SIDE SHELL LONGITUDINAL	9,5	0,03	0,03	9,47	0,00947	8,5	accepted	
2	10		9,5	0,03	0,03	9,47	0,00947	8,5	accepted	
3	10		9,5	0,03	0,03	9,47	0,00947	8,5	accepted	
4	10		9,5	0,03	0,03	9,47	0,00947	8,5	accepted	
5	10		9,5	0,03	0,03	9,47	0,00947	8,5	accepted	
6	-		-	-	-	-	-	-	-	-
7	11		10,45	0,03	0,03	10,42	0,01042	9,35	accepted	
8	11		10,45	0,03	0,03	10,42	0,01042	9,35	accepted	
9	11		10,45	0,03	0,03	10,42	0,01042	9,35	accepted	
10	11		10,45	0,03	0,03	10,42	0,01042	9,35	accepted	
11	-		-	-	-	-	-	-	-	-
12	12		11,4	0,03	0,03	11,37	0,01137	10,2	accepted	
13	12		11,4	0,03	0,03	11,37	0,01137	10,2	accepted	
14	11		10,45	0,03	0,03	10,42	0,01042	9,35	accepted	

15	11
16	-
17	11

10,45	0,03	0,03	10,42	0,01042	9,35	accepted
-	-	-	-	-	-	-
10,45	0,03	0,03	10,42	0,01042	9,35	accepted

18	11	10,45	0,03	0,03	10,42	0,01042	9,35	accepted
----	----	-------	------	------	-------	---------	------	----------

No	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria	
				Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]			
1	10	INNER SHELL BULKHEAD LONGITUDINALS	9,5	0,1	0,1	9,4	0,0094	8,5	accepted	
2	10		9,5	0,1	0,1	9,4	0,0094	8,5	accepted	
3	10		9,5	0,1	0,1	9,4	0,0094	8,5	accepted	
4	10		9,5	0,1	0,1	9,4	0,0094	8,5	accepted	
5	10		9,5	0,1	0,1	9,4	0,0094	8,5	accepted	
6	-		-	-	-	-	-	-	-	-
7	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted	
8	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted	
9	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted	
10	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted	
11	-		-	-	-	-	-	-	-	-
12	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted	
13	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted	
14	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted	
15	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted	
16	-		-	-	-	-	-	-	-	-
17	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted	
18	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted	

No	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria
				Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]		
1	10	CENTER BULKHEAD LONGITUDINALS	9,5	0,1	0,1	9,4	0,0094	8,5	accepted
2	10		9,5	0,1	0,1	9,4	0,0094	8,5	accepted
3	10		9,5	0,1	0,1	9,4	0,0094	8,5	accepted
4	10		9,5	0,1	0,1	9,4	0,0094	8,5	accepted
5	10		9,5	0,1	0,1	9,4	0,0094	8,5	accepted
6	10		9,5	0,1	0,1	9,4	0,0094	8,5	accepted
7	10		9,5	0,1	0,1	9,4	0,0094	8,5	accepted
8	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted
9	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted
10	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted
11	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted
12	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
13	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
14	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
15	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted
16	11		10,45	0,1	0,1	10,35	0,01035	9,35	accepted
17	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
18	-		-	-	-	-	-	-	-

No	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria
				Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]		
1	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
2	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted

3	12
4	12
5	12
6	12

11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted

7	12	DECK LONGITUDINALS	11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
8	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
9	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
10	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
11	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
12	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
13	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
14	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
15	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
16	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
17	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
18	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
19	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
20	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
21	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
22	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
23	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
24	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
25	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
26	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
27	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
28	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
29	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
30	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
31	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
32	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted

No	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun 2013 [mm]	T tahun 2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria
				Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]		
1	12	BOTTOM LONGITUDINALS	11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
2	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
3	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
4	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
5	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
6	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
7	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
8	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
9	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
10	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
11	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
12	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
13	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
14	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
15	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
16	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
17	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
18	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
19	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
20	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
21	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted

22	12
23	12
24	12
25	12

11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted

26	12	11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
----	----	------	-----	-----	------	--------	------	----------

No	T Desain [mm]	LOCATION	T tahun2013 [mm]	T tahun2014, pengurangan akibat korosi selama 1 tahun				85% t mm	kriteria
				Laju korosi [mm/tahun]	T corrosion [mm]	T net [mm]	T net [m]		
1	12	INNER BOTTOM LONGITUDINALS	11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
2	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
3	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
4	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
5	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
6	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
7	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
8	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
9	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
10	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
11	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
12	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
13	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
14	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
15	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
16	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
17	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
18	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
19	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
20	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
21	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
22	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
23	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
24	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
25	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted
26	12		11,4	0,1	0,1	11,3	0,0113	10,2	accepted

RULE PRINCIPLE

1.3.4 Vertical wave bending moment

1.3.4.1 The vertical wave bending moment is to be calculated based on *Section 7/3.4.1*. The pseudo amplitude (half range) values of the vertical wave bending moment, $M_{wv-v-amp}$, for full load and ballast condition are to be taken as:

$$M_{wv-v-amp} = 0.5(M_{wv-hog} - M_{wv-sag}) \quad \text{kNm}$$

Where:

M_{wv-hog} hogging vertical wave bending moment, in kNm

M_{wv-sag} sagging vertical wave bending moment, in kNm

3.4 Dynamic Hull Girder Loads

3.4.1 Vertical wave bending moment

3.4.1.1 The envelope hogging and sagging vertical wave bending moments, M_{wv-hog} and M_{wv-sag} , are to be taken as:

$$\begin{aligned} M_{wv-hog} &= f_{prob} 0.19 f_{wv-v} C_{wv} L^2 B C_b \\ M_{wv-sag} &= -f_{prob} 0.11 f_{wv-v} C_{wv} L^2 B (C_b + 0.7) \end{aligned} \quad \text{kNm}$$

Where:

f_{wv-v} distribution factor for vertical wave bending moment along the vessel length, see 3.4.1.2 or 3.4.1.3 as appropriate

C_{wv} wave coefficient to be taken as:

$$= 10.75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{\frac{3}{2}} \quad \text{for } 150 \leq L \leq 300$$

$$= 10.75 \quad \text{for } 300 < L \leq 350$$

$$= 10.75 - \left(\frac{L - 350}{150} \right)^{\frac{3}{2}} \quad \text{for } 350 < L \leq 500$$

L rule length, in m, as defined in *Section 4/1.1.1.1*

B moulded breadth, in m, as defined in *Section 4/1.1.3.1*

C_b block coefficient, as defined in *Section 4/1.1.9.1*

3.4.1.3 For fatigue strength:

f_{wv-v} distribution factor for vertical wave bending moment along the vessel length, is to be taken as:

0.0 at A.P.

0.1 at 0.1L from A.P.

1.0 for 0.4L to 0.65L from A.P.

0.1 at 0.9L from A.P.

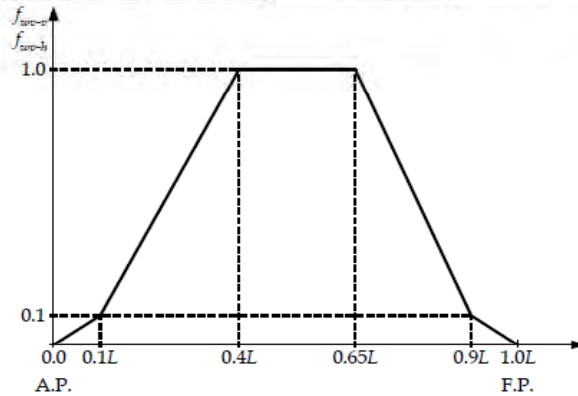
0.0 at F.P.

intermediate values to be obtained by linear interpolation, see *Figure 7.3.2*

f_{prob} is to be taken as 0.5

L rule length, in m, as defined in *Section 4/1.1.1.1*

Figure 7.3.2
Vertical and Horizontal Wave Bending Moment Distribution for Fatigue Strength



CALCULATION

$$M_{wv-hog} = f_{prob} 0.19 f_{wv-v} C_{wv} L^2 B C_b \quad \text{kNm}$$

$$M_{wv-sag} = -f_{prob} 0.11 f_{wv-v} C_{wv} L^2 B (C_b + 0.7)$$

$$f_{prob} = 0.5$$

$$f_{wv-v} = 1 \quad \text{for } 0.4 L \text{ to } 0.65 L \text{ from AP}$$

C_{wv} wave coefficient to be taken as:

$$= 10.75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{\frac{3}{2}} \quad \text{for } 150 \leq L \leq 300$$

$$C_{wv} = 9.23015988$$

$$L = 167.81 \quad L^2 = 28160.196$$

$$B = 30.5$$

$$C_b = 0.78$$

$$M_{wv-hog} = 587288.605 \text{ kNm}$$

$$M_{wv-sag} = -645223.907 \text{ kNm}$$

$M_{wv-v-amp}$, for full load and ballast condition are to be taken as:

$$M_{wv-v-amp} = 0.5(M_{wv-hog} - M_{wv-sag}) \quad \text{kNm}$$

Where:

M_{wv-hog} hogging vertical wave bending moment, in kNm

M_{wv-sag} sagging vertical wave bending moment, in kNm

$$M_{wv-v-amp} = 616,256.26 \text{ kNm}$$

Minimum hull girder still water bending moment

$$M_{sw-min-sea-mid} = 0.01 C_{wv} L^2 B (11.97 - 1.9C_b) \quad \text{kNm} \quad \text{for hogging}$$

$$= 831482.6 \text{ kNm}$$

$$M_{sw-min-sea-mid} = -0.05185 C_{wv} L^2 B (C_b + 0.7) \quad \text{kNm} \quad \text{for sagging}$$

$$= -608270$$

M sw-min-sea-mid = 719,876.37 kNm

PERHITUNGAN MODULUS PENAMPANG

No	Nama bagian	Jml [n]	Lebar (mm) [b]	Tinggi (mm) [h]	Luas Total (mm ²) [A _T]	Titik berat thd Base (mm) [Z]	Momen (mm ³) [A _T x z]	A _T x Z ² (mm ⁴)
1	Keel Plate	1	1780	14,90	26522	7,45	1,98E+05	1,47E+06
2	Bottom Plate	1	28720	12,05	346076	6,025	2,09E+06	1,26E+07
3	Inner Bottom Plate	1	30500	13,20	402600	2006,60	8,08E+08	1,62E+12
4	Side Shell Plate							
	Side Shell Plate 1	2	11,37	1600	36384	14400	5,24E+08	7,54459E+12
	Side Shell Plate 2	2	11,37	1700	38658	12720	4,92E+08	6,2548E+12
	Side Shell Plate 3	2	11,37	2380	54121,2	10740	5,81E+08	6,24275E+12
	Side Shell Plate 4	2	11,37	2380	54121,2	8440	4,57E+08	3,85525E+12
	Side Shell Plate 5	2	11,37	2380	54121,2	6100	3,30E+08	2,01385E+12
	Side Shell Plate 6	2	11,37	1780	40477,2	4100	1,66E+08	6,80422E+11
	Side Shell Plate 7	2	11,37	1250	28425	2650	7,53E+07	1,99615E+11
	Side Shell Plate 8	2	11,37	1506	34246,44	1270	4,35E+07	55236083076
	Side Shell Plate 9	2	11,37	494	11233,56	250	2,81E+06	702097500
5	Inner Side Shell Plate							
	Inner Side Shell Plate 1	2	11,775	2380	56049	14080	7,89E+08	1,11115E+13
	Inner Side Shell Plate 2	2	11,775	1770	41683,5	12070	5,03E+08	6,07266E+12
	Inner Side Shell Plate 3	2	11,775	1480	34854	10500	3,66E+08	3,84265E+12
	Inner Side Shell Plate 4	2	11,775	1780	41919	8920	3,74E+08	3,33534E+12
	Inner Side Shell Plate 5	2	11,775	2380	56049	6910	3,87E+08	2,67623E+12
	Inner Side Shell Plate 6	2	11,775	2380	56049	4610	2,58E+08	1,19116E+12
	Inner Side Shell Plate 7	2	11,775	2000	47100	2710	1,28E+08	3,45907E+11
6	Deck Plate	1	30500	11,775	359137,5	15594,11	5,60E+09	8,73337E+13
6	Long. Bulkhead Plate							
	Pelat sekat memanjang 1	1	11,775	2350	27671,25	14460	4,00E+08	5,78583E+12
	Pelat sekat memanjang 2	1	11,775	2230	26258,25	12250	3,22E+08	3,94038E+12
	Pelat sekat memanjang 3	1	11,775	2380	28024,5	10020	2,81E+08	2,81367E+12
	Pelat sekat memanjang 4	1	11,775	2380	28024,5	7710	2,16E+08	1,66589E+12
	Pelat sekat memanjang 5	1	11,775	2380	28024,5	5410	1,52E+08	8,20224E+11
	Pelat sekat memanjang 6	1	11,775	2380	28024,5	3100	8,69E+07	2,69315E+11
7	Bottom Longitudinal 320 x 12 HP	26	11,3	320	94016	172,05	1,62E+07	2782986654
8	Inner Bottom Longitudinals 320 x 12 HP	28	11,3	320	101248	1840	1,86E+08	3,42785E+11
9	Side Longitudinals							
	220 x 10 HP	2	220	9,47	4166,8	14770	6,15E+07	9,09E+11
	220 x 10 HP	2	220	9,47	4166,8	13970	5,82E+07	8,13196E+11
	220 x 10 HP	2	220	9,47	4166,8	13170	5,49E+07	7,22727E+11
	220 x 10 HP	2	220	9,47	4166,8	12370	5,15E+07	6,37591E+11
	220 x 10 HP	2	220	9,47	4166,8	11570	4,82E+07	5,57788E+11
	-							
	260 x 11 HP	2	260	10,42	5418,4	10130	5,49E+07	5,56019E+11
	260 x 11 HP	2	260	10,42	5418,4	9330	5,06E+07	4,71666E+11
	260 x 11 HP	2	260	10,42	5418,4	8530	4,62E+07	3,94248E+11
	260 x 11 HP	2	260	10,42	5418,4	7730	4,19E+07	3,23765E+11
	-							
	280 x 12 HP	2	280	11,37	6367,2	6250	3,98E+07	2,48719E+11
	280 x 12 HP	2	280	11,37	6367,2	5450	3,47E+07	1,89122E+11
	300 x 11 HP	2	300	10,42	6252	4650	2,91E+07	1,35184E+11
	300 x 11 HP	2	300	10,42	6252	3850	2,41E+07	92670270000
	-							
	300 x 11 HP	2	300	10,42	6252	2800	1,75E+07	49015680000
	300 x 11 HP	2	300	10,42	6252	2000	1,25E+07	25008000000
10	Centre Bulkhead Longitudinals							
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	14770	3,05E+07	4,5114E+11
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	13970	2,89E+07	4,03593E+11
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	13170	2,72E+07	3,58692E+11
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	12370	2,56E+07	3,16439E+11
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	11570	2,39E+07	2,76833E+11
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	10770	2,23E+07	2,39873E+11
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	10130	2,09E+07	2,12212E+11
	260 x 11 HP	1	260	10,35	2691	9330	2,51E+07	2,34249E+11
	260 x 11 HP	1	260	10,35	2691	8530	2,30E+07	1,958E+11
	260 x 11 HP	1	260	10,35	2691	7730	2,08E+07	1,60795E+11
	260 x 11 HP	1	260	10,35	2691	6930	1,86E+07	1,29235E+11
	280 x 12 HP	1	280	11,3	3164	6250	1,98E+07	1,23594E+11
	280 x 12 HP	1	280	11,3	3164	5450	1,72E+07	93978710000
	280 x 12 HP	1	280	11,3	3164	4650	1,47E+07	68413590000
	300 x 11 HP	1	300	10,35	3105	3850	1,20E+07	46023862500
	300 x 11 HP	1	300	10,35	3105	3050	9,47E+06	28884262500
	280 x 12 HP	1	280	11,3	3164	2800	8,86E+06	24805760000
11	Inner Shell Bulkhead Longitudinals							
	220 x 10 HP	2	220	9,4	4136	14770	6,11E+07	9,0228E+11
	220 x 10 HP	2	220	9,4	4136	13970	5,78E+07	8,07185E+11

	-							
	260 x 11 HP	2	260	10,35	5382	10130	5,45E+07	5,52284E+11
	260 x 11 HP	2	260	10,35	5382	9330	5,02E+07	4,68497E+11
	260 x 11 HP	2	260	10,35	5382	8530	4,59E+07	3,91599E+11
	260 x 11 HP	2	260	10,35	5382	7730	4,16E+07	3,2159E+11
	-							
	280 x 12 HP	2	280	11,3	6328	6250	3,96E+07	2,47188E+11
	280 x 12 HP	2	280	11,3	6328	5450	3,45E+07	1,87957E+11
	300 x 11 HP	2	300	10,35	6210	4650	2,89E+07	1,34276E+11
	300 x 11 HP	2	300	10,35	6210	3850	2,39E+07	92047725000
	-							
	200 x 11 HP	2	200	10,35	4140	2700	1,12E+07	30180600000
	200 x 11 HP	2	200	10,35	4140	2300	9,52E+06	21900600000
11	Deck Longitudinals							
	220 x 12 HP	32	11,3	220	79552	15484,1125	1,23E+09	1,90732E+13
					2460590,3		16365539730	1,94643E+14
					S ₁		S ₂	S ₃

$$\begin{aligned} \text{Titik Berat terhadap dasar } (Z_1) &= S_2 / S_1 \\ &= 16365539730.469 / 2460590.30 \\ &= 6651,062 \quad \text{mm} \quad 6,651062442 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Titik Berat terhadap deck } (Z_2) &= H - Z_1 \\ &= 8948,94 \quad \text{mm} \quad 8,948937558 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{xx} &= S_3 + S_4 = 194642756078470.000 + 316719984450.65 \\ &= 1,95E+14 \quad \text{mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{NA} &= I_{xx} - (Z_1)^2 \cdot S_1 = 194959476062921.000 - [(6651.06^2) \times 2460590.300] \\ &= 8,61E+13 \quad \text{mm}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus penampang thd bottom } (W_{\text{bot}}) &= I_{NA} / Z_1 \\ &= 86111249411961.600 / 6651.06 \\ &= 1,29E+10 \quad \text{mm}^3 \quad 12,9 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus penampang thd deck } (W_{\text{deck}}) &= I_{NA} / Z_2 \\ &= 86111249411961.600 / 8948.94 \\ &= 9,62E+09 \quad \text{mm}^3 \quad 9,6 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

PEMERIKSAAN KEKUATAN KAPAL

VL1.

Data - data Perhitungan

L =	167,81	m	Y _{NA} =	6,65E+03	mm
H =	15,60	cm	I _{NA} =	8,61E+13	mm ⁴
B =	30,50	m	W _{bottom} =	1,29E+10	mm ³
Cb =	0,78		W _{deck} =	9,62E+09	mm ³
k =	1				

VL2.

Pengecekan Tegangan

M still water =	7,20E+05	kNm	
M Shagging =	8,31E+05	kNm	
M hogging =	6,45E+05	kNm	
1. Momen Total	(dianggap momen maximum di midship)		
M(x)swmax =	M still water + M shagging/hogging		
=	1,55E+06	kNm	
=	1,55E+12	Nmm	719.876.373.830,07

(Geladak mengalami beban tarik, bottom mengalami beban tekan)

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{deck}} &= M'_{\text{max}} / W_{\text{deck}} \\ &= 1551358947559.26 / 9622510924.646 \\ &= 161,222 \quad \text{N/mm}^2 \quad 74,812 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{bottom}} &= M'_{\text{max}} / W_{\text{bottom}} \\ &= 1551358947559.26 / 12946991575.809 \\ &= 119,824 \quad \text{kN/cm}^2 \quad 55,602 \end{aligned}$$

2. Longitudinal Stress (σ_p) yang diijinkan

σ _p =	190/k	(N/mm ²)	untuk daerah 0.4 L amidship
Dimana =			
σ _{p0} =	190 / k		; untuk L ≥ 90 mm
=	190 x 1		
=	190		
Jadi σ _p =	190	N/mm ²	

Kesimpulan

Dari perhitungan di atas diperoleh :

1. Pada Kondisi Momen Maksimum			
	σ _{deck} =	161,222	kg/cm ² < tegangan maximum
	σ _{bottom} =	119,824	kg/cm ² < tegangan maximum

Jadi:

σ_{deck} dan σ_{bottom} pada semua kondisi air tenang, kondisi hogging da kondisi saggingsmemenuhi persyaratan **BKI**, karena kurang dari tegangan maximum (σ_{deck}) yang diijinkan.

M.Inersia Individu

(mm⁴)
[1/12 x b x h³]

4,91E+05

4,19E+06

5,85E+06

7,76E+09

9,31E+09

2,55E+10

2,55E+10

2,55E+10

1,07E+10

3,70E+09

6,47E+09

2,28E+08

2,65E+10

1,09E+10

6,36E+09

1,11E+10

2,65E+10

2,65E+10

1,57E+10

4,15E+06

1,27E+10

1,09E+10

1,32E+10

1,32E+10

1,32E+10

1,32E+10

8,02E+08

8,64E+08

3,11E+04

3,11E+04

3,11E+04

3,11E+04

3,11E+04

4,90E+04

4,90E+04

4,90E+04

4,90E+04

6,86E+04

6,86E+04

5,66E+04

5,66E+04

5,66E+04

5,66E+04

1,52E+04

1,52E+04

1,52E+04

1,52E+04

1,52E+04

1,52E+04

2,40E+04

2,40E+04

2,40E+04

2,40E+04

3,37E+04

3,37E+04

3,37E+04

2,77E+04

2,77E+04

3,37E+04

3,05E+04

3,05E+04

4,80E+04
4,80E+04
4,80E+04
4,80E+04

6,73E+04
6,73E+04
5,54E+04
5,54E+04

3,70E+04
3,70E+04

3,21E+08

3,1672E+11

S₄

PERHITUNGAN MODULUS PENAMPANG HORIZONTAL BENDING MOMENT

No	Nama bagian	Jml [n]	Lebar (mm) [b]	Tinggi (mm) [h]	Luas Total (mm ²) [A _T]	Titik berat thd (mm) [Z]	Momen (mm ³) [A _T x z]	A _T x Z ² (mm ⁴)	M.Inersia Individu (mm ⁴) [1/12 x h x b ³]
1	Keel Plate	1	1780	14,90	26522	7,45	1,98E+05	1,47E+06	4,91E+05
2	Bottom Plate	1	28720	12,05	346076	6,03	2,09E+06	1,26E+07	4,19E+06
3	Inner Bottom Plate	1	30500	13,20	402600	2007	8,08E+08	1,62E+12	5,85E+06
4	Side Shell Plate								
	Side Shell Plate 1	2	11,37	1600	36384	14400	5,24E+08	7,54E+12	7,76E+09
	Side Shell Plate 2	2	11,37	1700	38658	12720	4,92E+08	6,25E+12	9,31E+09
	Side Shell Plate 3	2	11,37	2380	54121,2	10740	5,81E+08	6,24E+12	2,55E+10
	Side Shell Plate 4	2	11,37	2380	54121,2	8440	4,57E+08	3,86E+12	2,55E+10
	Side Shell Plate 5	2	11,37	2380	54121,2	6100	3,30E+08	2,01E+12	2,55E+10
	Side Shell Plate 6	2	11,37	1780	40477,2	4100	1,66E+08	6,80E+11	1,07E+10
	Side Shell Plate 7	2	11,37	1250	28425	2650	7,53E+07	2,00E+11	3,70E+09
	Side Shell Plate 8	2	11,37	1506	34246,44	1270	4,35E+07	5,52E+10	6,47E+09
	Side Shell Plate 9	2	11,37	494	11233,56	250	2,81E+06	7,02E+08	2,28E+08
5	Inner Side Shell Plate								
	Inner Side Shell Plate 1	2	11,775	2380	56049	14080	7,89E+08	1,11E+13	2,65E+10
	Inner Side Shell Plate 2	2	11,775	1770	41683,5	12070	5,03E+08	6,07E+12	1,09E+10
	Inner Side Shell Plate 3	2	11,775	1480	34854	10500	3,66E+08	3,84E+12	6,36E+09
	Inner Side Shell Plate 4	2	11,775	1780	41919	8920	3,74E+08	3,34E+12	1,11E+10
	Inner Side Shell Plate 5	2	11,775	2380	56049	6910	3,87E+08	2,68E+12	2,65E+10
	Inner Side Shell Plate 6	2	11,775	2380	56049	4610	2,58E+08	1,19E+12	2,65E+10
	Inner Side Shell Plate 7	2	11,775	2000	47100	2710	1,28E+08	3,46E+11	1,57E+10
6	Deck Plate	1	30500	11,775	359137,5	15594,113	5,60E+09	8,73E+13	4,15E+06
7	Long. Bulkhead Plate								
	Pelat sekat memanjang 1	1	11,775	2350	27671,25	14460	4,00E+08	5,79E+12	1,27E+10
	Pelat sekat memanjang 2	1	11,775	2230	26258,25	12250	3,22E+08	3,94E+12	1,09E+10
	Pelat sekat memanjang 3	1	11,775	2380	28024,5	10020	2,81E+08	2,81E+12	1,32E+10
	Pelat sekat memanjang 4	1	11,775	2380	28024,5	7710	2,16E+08	1,67E+12	1,32E+10
	Pelat sekat memanjang 5	1	11,775	2380	28024,5	5410	1,52E+08	8,20E+11	1,32E+10
	Pelat sekat memanjang 6	1	11,775	2380	28024,5	3100	8,69E+07	2,69E+11	1,32E+10
8	Bottom Longitudinal 320 x 12 HP	26	11,3	320	94016	172,05	1,62E+07	2,78E+09	8,02E+08
9	Inner Bottom Longitudinals 320 x 12 HP	28	11,3	320	101248	1840	1,86E+08	3,43E+11	8,64E+08
10	Side Longitudinals								
	220 x 10 HP	2	220	9,47	4166,8	14770	6,15E+07	9,09E+11	3,11E+04
	220 x 10 HP	2	220	9,47	4166,8	13970	5,82E+07	8,13E+11	3,11E+04
	220 x 10 HP	2	220	9,47	4166,8	13170	5,49E+07	7,23E+11	3,11E+04
	220 x 10 HP	2	220	9,47	4166,8	12370	5,15E+07	6,38E+11	3,11E+04
	220 x 10 HP	2	220	9,47	4166,8	11570	4,82E+07	5,58E+11	3,11E+04
	-								
	260 x 11 HP	2	260	10,42	5418,4	10130	5,49E+07	5,56E+11	4,90E+04
	260 x 11 HP	2	260	10,42	5418,4	9330	5,06E+07	4,72E+11	4,90E+04
	260 x 11 HP	2	260	10,42	5418,4	8530	4,62E+07	3,94E+11	4,90E+04
	260 x 11 HP	2	260	10,42	5418,4	7730	4,19E+07	3,24E+11	4,90E+04
	-								
	280 x 12 HP	2	280	11,37	6367,2	6250	3,98E+07	2,49E+11	6,86E+04
	280 x 12 HP	2	280	11,37	6367,2	5450	3,47E+07	1,89E+11	6,86E+04
	300 x 11 HP	2	300	10,42	6252	4650	2,91E+07	1,35E+11	5,66E+04
	300 x 11 HP	2	300	10,42	6252	3850	2,41E+07	9,27E+10	5,66E+04
	-								
	300 x 11 HP	2	300	10,42	6252	2800	1,75E+07	4,90E+10	5,66E+04
	300 x 11 HP	2	300	10,42	6252	2000	1,25E+07	2,50E+10	5,66E+04
11	Centre Bulkhead Longitudinals								
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	14770	3,05E+07	4,51E+11	1,52E+04
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	13970	2,89E+07	4,04E+11	1,52E+04
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	13170	2,72E+07	3,59E+11	1,52E+04
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	12370	2,56E+07	3,16E+11	1,52E+04
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	11570	2,39E+07	2,77E+11	1,52E+04
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	10770	2,23E+07	2,40E+11	1,52E+04
	220 x 10 HP	1	220	9,4	2068	10130	2,09E+07	2,12E+11	1,52E+04
	260 x 11 HP	1	260	10,35	2691	9330	2,51E+07	2,34E+11	2,40E+04
	260 x 11 HP	1	260	10,35	2691	8530	2,30E+07	1,96E+11	2,40E+04
	260 x 11 HP	1	260	10,35	2691	7730	2,08E+07	1,61E+11	2,40E+04
	260 x 11 HP	1	260	10,35	2691	6930	1,86E+07	1,29E+11	2,40E+04
	280 x 12 HP	1	280	11,3	3164	6250	1,98E+07	1,24E+11	3,37E+04
	280 x 12 HP	1	280	11,3	3164	5450	1,72E+07	9,40E+10	3,37E+04
	280 x 12 HP	1	280	11,3	3164	4650	1,47E+07	6,84E+10	3,37E+04
	300 x 11 HP	1	300	10,35	3105	3850	1,20E+07	4,60E+10	2,77E+04
	300 x 11 HP	1	300	10,35	3105	3050	9,47E+06	2,89E+10	2,77E+04
	280 x 12 HP	1	280	11,3	3164	2800	8,86E+06	2,48E+10	3,37E+04
12	Inner Shell Bulkhead Longitudinals								
	220 x 10 HP	2	220	9,4	4136	14770	6,11E+07	9,02E+11	3,05E+04
	220 x 10 HP	2	220	9,4	4136	13970	5,78E+07	8,07E+11	3,05E+04
	220 x 10 HP	2	220	9,4	4136	13170	5,45E+07	7,17E+11	3,05E+04
	220 x 10 HP	2	220	9,4	4136	12370	5,12E+07	6,33E+11	3,05E+04
	220 x 10 HP	2	220	9,4	4136	11570	4,79E+07	5,54E+11	3,05E+04

	260 x 11 HP	2	260	10,35	5382	10130	5,45E+07	5,52E+11	4,80E+04
	260 x 11 HP	2	260	10,35	5382	9330	5,02E+07	4,68E+11	4,80E+04
	260 x 11 HP	2	260	10,35	5382	8530	4,59E+07	3,92E+11	4,80E+04
	260 x 11 HP	2	260	10,35	5382	7730	4,16E+07	3,22E+11	4,80E+04
	-								
	280 x 12 HP	2	280	11,3	6328	6250	3,96E+07	2,47E+11	6,73E+04
	280 x 12 HP	2	280	11,3	6328	5450	3,45E+07	1,88E+11	6,73E+04
	300 x 11 HP	2	300	10,35	6210	4650	2,89E+07	1,34E+11	5,54E+04
	300 x 11 HP	2	300	10,35	6210	3850	2,39E+07	9,20E+10	5,54E+04
	-								
	200 x 11 HP	2	200	10,35	4140	2700	1,12E+07	3,02E+10	3,70E+04
	200 x 11 HP	2	200	10,35	4140	2300	9,52E+06	2,19E+10	3,70E+04
13	Deck Longitudinals								
	220 x 12 HP	32	11,3	220	79552	15484,113	1,23E+09	1,91E+13	3,21E+08
					2460590		1,64E+10	1,94643E+14	3,1672E+11
					S ₁		S ₂	S ₃	S ₄

Titik Berat terhadap center line (Y_1) = S_2 / S_1
= $3365539730.469 / 2460590.30$
= 6651,062 mm 6,651062 m

Titik Berat terhadap sisi (Y_2) = $H - Z_1$
= 23848,94 mm 23,84894 m B 30,5

$I_{zz} = S_3 + S_4 = 756078470.000 + 316719984450.65$
= $1,95E+14$ mm⁴

$I_{NA} = I_{xx} - (Z_1)^2 \cdot S_1 = 2921.000 - [(6651.06^2) \times 2460590.300]$
= $8,61E+13$ mm⁴

Modulus penampang thd Y1 = I_{NA} / Z_1
= $111249411961.600 / 6651.06$
= $1,29E+10$ mm³ 12,95 m3 tegangan 31,23

Modulus penampang thd Y2 = I_{NA} / Z_2
= $111249411961.600 / 23848.94$
= $3,61E+09$ mm³

3.4.2 Horizontal wave bending moment

3.4.2.1 The envelope horizontal wave bending moment, M_{wv-h} , is to be taken as:

$$M_{wv-h} = f_{prob} \left(0.3 + \frac{L}{2000} \right) f_{wv-h} C_{wv} L^2 T_{LC} C_b \quad \text{kNm}$$

Where:

- f_{wv-h} distribution factor for wave horizontal bending moment along the vessel length, see 3.4.2.2 or 3.4.2.3 as appropriate
- C_{wv} wave coefficient, as defined in 3.4.1.1
- L rule length, in m, as defined in Section 4/1.1.1.1
- T_{LC} draught in the loading condition being considered, in m
- C_b block coefficient, as defined in Section 4/1.1.9.1

f_{prob}	0,5
f_{wv-h}	1
C_{wv}	9,186458453
L	165,29
C_b	0,78
T_{LC}	10,8
M_{wv-h}	404.392,10 kNm
$M_{wv-h-amp}$	404.392,10 kNm 4,04E+11 Nmm

1.3.5 Horizontal wave bending moment



Nama kapal	:	30770 DWT
Type kapal	:	OIL TANKER
Sistem konstruksi	:	MEMANJANG

Main Dimension	
L =	167.81 m
H =	15.6 m
B =	30.5 m
T =	8.98 m

CSR Oil Tanker 2006
PERHITUNGAN BEBAN
Perhitungan / Uraian

Halaman :
Hasil

BEBAN DINAMIS

7 2 2.2

$$U_{roll} = \frac{2.30 \text{ rroll-gyr}}{\sqrt{GM}}$$

$$\theta = \frac{50}{B + 75} (1.25 - 0.025 U_{roll}) \text{ fbk} \quad \text{rads}$$

7 2 3.1

$$U_{pitch} = f_v \sqrt{0.6 \frac{2\pi}{g} (1 + f_T) L} \quad \text{sec}$$

Where:

$$f_v = 1.0 + \frac{V_0}{V} \left(\frac{L}{525} - 0.67 \right)$$

$$f_T = \frac{T_{LC}}{T_{sc}}$$

V_0 vessel speed, in knots, is to be taken as:
0 for scantling requirements and strength assessment
0.75V for fatigue strength

V maximum service speed, in knots, as defined in Section 4/1.1.8.1

T_{sc} scantling draught, in m, as defined in Section 4/1.1.5.5

T_{LC} draught in the loading condition being considered, in m

L rule length, in m, as defined in Section 4/1.1.1.1

3.2.3.2 The pitch angle, ϕ , is to be taken as:

$$\phi = 960 \left(\frac{V_1}{C_b} \right)^{0.25} \frac{1}{L} \frac{\pi}{180} \quad \text{radians}$$

Where:

V_1 vessel speed, in knots. Is to be taken as V , but not to be taken as less than 10

V maximum service speed, in knots, as defined in Section 4/1.1.8.1

C_b block coefficient, as defined in Section 4/1.1.9.1

L rule length, in m, as defined in Section 4/1.1.1.1

	Full Load	0.6 Tsc	0.2 Tsc	Ballast	
GM	3.66	7.32	7.32	10.07	
roll-gyr	10.68	12.20	12.20	13.73	
Uroll	12.83	10.37	10.37	9.95	
fbk	1.00	1.00	1.00	1.00	ship with bilge keels
B	30.50	30.50	30.50	30.50	
θ	0.44	0.47	0.47	0.47	rads
L	167.81	167.81	167.81	167.81	
Tsc	8.98	8.98	8.98	8.98	
TLc	8.98	5.39	3.59	2.00	
V	12.50	12.50	12.50	12.50	
V_0	9.38	9.38	9.38	9.38	0.75 V for fatigue strength
f_v	0.74	0.74	0.74	0.74	
f_T	1.00	0.60	0.40	0.22	
U pitch	33.14	19.89	13.26	7.38	sec
V_1	12.50	12.50	12.50	12.50	
C_b	0.78	0.78	0.78	0.78	
ϕ	0.20	0.20	0.20	0.20	rads

Loading Condition
A1 100%

A2 Ballast
2.00 m

Table 7.3.1
GM and $\Gamma_{roll-gyr}$

	T_{LC}	GM	$\Gamma_{roll-gyr}$
Loaded at deep draught	between $0.9T_{sc}$ and T_{sc}	$0.12B$	$0.33B$
Loaded on reduced draught	$0.6T_{sc}$	$0.24B$	$0.40B$
In ballast	T_{bal}	$0.33B$	$0.43B$

Where:

B moulded breadth, in m, as defined in Section 4/1.1.3.1
 T_{LC} draught in the loading condition being considered, in m
 T_{sc} scantling draught, in m, as defined in Section 4/1.1.5.5
 T_{bal} ballast draught, in m

Load	100%	L = 167.81 m
		H = 15.60 m
		B = 30.50 m
		T = 8.98 m
		Cb = 0.78

fprob =	0.5	fs =	0.78
fn1-P1 =	1	ft =	1
fn1-P2 =	1		
fv =	1		
Cww =	10.75-(300-L)/100 ^{0.5} ; for 150 ≤ L ≤ 300		
	= 9.2301599		
A1 =	Tlc = 8.98 m		
ling =	0.4		

e	0.44
fv	0.74

	Cargo tanks	Ballast tanks
f _c	0.9	
f _t	0.9	0.6
f _{eq}	0.4	0.4

$$P_{1st} = f_{1-st}(f_{op}P_{1-st} - 10z_{st-T}) \quad \text{kN/m}^2$$

$$P_{2nd} = 0.8f_{2-st}(P_{2-st} - 10z_{st-T}) \quad \text{kN/m}^2$$

$$P_{3rd} = 34.3 \quad \text{kN/m}^2$$

Load case	Index	B local	Location		Coefficient Calculation			P1 [kN/mm2]	P2 [kN/mm2]	Dynamic factor	P1*f	P2*f	Pex-dyn [kN/mm2]		Pwv-dyn [kN/mm2]	Pex-amp [kN/mm2]		
			note	Z [m]	note	γ [m]	f1						f2	P11			P center	P edge
A1	Mwv (Sagging)1	28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	4.550291	0.68982347	fctr	-0.7	-3.1852	-0.48288	P center	-0.48288	-0.48	-0.48
		28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	10.8762	10.1968918	fctr	-0.7	-7.61334	-7.13782	P center	-7.13782	-16.23	-16.23
		28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	36.179837	48.2251652	fctr	-0.7	-25.3259	-33.7576	P center	-25.3259	-25.33	-25.33
		29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	37.687395	51.9021223	fbilge	-0.3	-11.30622	-15.57064	P bilge 1	-11.30622	-21.34829	-21.35
		30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	39.155382	55.3376043	fbilge	-0.3	-11.74661	-16.60128	P bilge 2	-11.74661	-12.12	-12.12
		30.5	7.525259	B local/2	15.25	1	1	28.97716	46.745692	72.3590488	fwl	-0.3	-14.0237	-21.7077	Pwl	-14.0237	-14.46	-14.46
		30.5	8.98	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	-0.3	-14.5474	-22.88214	Pwl	-14.5474	-14.55	-7.27
		30.5	10.43474	B local/2	15.25	1	1	28.97716	50.237072	80.1885472	fwl	-0.3	-15.0711	-24.0566	Pwl	-15.0711	-29.09	0.00
		28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	4.550291	0.68982347	fctr	0.7	3.185204	0.482876	P center	3.185204	3.19	3.19
		28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	10.8762	10.1968918	fctr	0.7	7.61334	7.137824	P center	7.61334	20.69	20.69
		28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	36.179837	48.2251652	fctr	0.7	25.32589	33.75762	P center	33.75762	33.76	33.76
		29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	37.687395	51.9021223	fbilge	0.3	11.30622	15.57064	P bilge 1	15.57064	28.732239	28.73
	30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	39.155382	55.3376043	fbilge	0.3	11.74661	16.60128	P bilge 2	16.60128	17.44	17.44	
	30.5	6.691786	B local/2	15.25	1	1	28.97716	45.745525	70.1161514	fwl	0.3	13.72366	21.03485	Pwl	21.03485	22.41	22.41	
	30.5	8.98	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0.3	14.54741	22.88214	Pwl	22.88214	22.88	11.44	
	30.5	11.26821	B local/2	15.25	1	1	28.97716	51.237239	82.4314445	fwl	0.3	15.37117	24.72943	Pwl	24.72943	0.00	0	
	28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	4.550291	0.68982347	fctr	0.3	1.365087	0.206947	P center	1.365087	1.37	1.37	
	28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	10.8762	10.1968918	fctr	0.3	3.26286	3.059068	P center	3.26286	8.87	8.87	
	28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	36.179837	48.2251652	fctr	0.3	10.85395	14.46755	P center	14.46755	14.47	14.47	
	29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	37.687395	51.9021223	fbilge	0.1	3.76874	5.190212	P bilge 1	5.190212	11.850694	11.85	
	30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	39.155382	55.3376043	fbilge	0.1	3.915538	5.53376	P bilge 2	5.53376	5.81	5.81	
	30.5	8.217262	B local/2	15.25	1	1	28.97716	47.576096	74.2212491	fwl	0.1	4.75761	7.422125	Pwl	7.422125	7.61	7.61	
	30.5	8.98	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0.1	4.849138	7.62738	Pwl	7.62738	7.63	3.81	
	30.5	9.742738	B local/2	15.25	1	1	28.97716	49.406668	78.3263468	fwl	0.1	4.940667	7.832635	Pwl	7.832635	0.00	0	
28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	4.550291	0.68982347	fctr	-0.3	-1.365087	-0.20695	P center	-0.20695	-0.21	-0.21		
28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	10.8762	10.1968918	fctr	-0.3	-3.26286	-3.05907	P center	-3.05907	-6.96	-6.96		
28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	36.179837	48.2251652	fctr	-0.3	-10.854	-14.4675	P center	-10.854	-10.85	-10.85		
29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	37.687395	51.9021223	fbilge	-0.1	-3.76874	-5.19021	P bilge 1	-3.76874	-8.821574	-8.82		
30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	39.155382	55.3376043	fbilge	-0.1	-3.91554	-5.53376	P bilge 2	-3.91554	-4.04	-4.04		
30.5	8.495086	B local/2	15.25	1	1	28.97716	47.909485	74.9688816	fwl	-0.1	-4.79095	-7.49689	Pwl	-4.79095	-4.85	-4.85		
30.5	8.98	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	-0.1	-4.84914	-7.62738	Pwl	-4.84914	-4.85	-2.42		
30.5	9.464914	B local/2	15.25	1	1	28.97716	49.073279	77.5787144	fwl	-0.1	-4.90733	-7.75787	Pwl	-4.90733	-9.70	0		
28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	4.550291	0.68982347	fctr	0.9	4.095262	6.020841	P center	4.095262	4.10	4.10		
28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	10.8762	10.1968918	fctr	0.9	9.78858	9.177203	P center	9.78858	26.60	26.60		
28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	36.179837	48.2251652	fctr	0.9	32.56185	43.40265	P center	43.40265	43.40	43.40		
29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	37.687395	51.9021223	fbilge	0.4	15.07496	20.76085	P bilge 1	20.76085	37.173012	37.17		
30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	39.155382	55.3376043	fbilge	0.4	15.66215	22.13504	P bilge 2	22.13504	23.25	23.25		
30.5	5.929048	B local/2	15.25	1	1	28.97716	44.83024	68.0636026	fwl	0.4	17.9321	27.22544	Pwl	27.22544	29.39	29.39		
30.5	8.98	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0.4	19.39655	30.50952	Pwl	30.50952	30.51	15.25		
30.5	12.03095	B local/2	15.25	1	1	28.97716	52.152524	84.4839934	fwl	0.4	20.86101	33.7936	Pwl	33.7936	0.00	0		
28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	4.550291	0.68982347	fctr	0.9	4.095262	6.020841	P center	4.095262	4.10	4.10		
28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	10.8762	10.1968918	fctr	0.9	9.78858	9.177203	P center	9.78858	26.60	26.60		
28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	36.179837	48.2251652	fctr	0.9	32.56185	43.40265	P center	43.40265	43.40	43.40		
29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	37.687395	51.9021223	fbilge	1	37.6874	51.90212	P bilge 1	51.90212	46.898596	46.90		
30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	39.155382	55.3376043	fbilge	1	39.15538	55.3376	P bilge 2	55.3376	58.14	58.14		
30.5	1.35262	B local/2	15.25	1	1	28.97716	39.338526	55.7483095	fwl	1	39.33853	55.74831	Pwl	55.74831	58.84	58.84		
30.5	8.98	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	1	48.49138	76.2738	Pwl	76.2738	76.27	38.14		
30.5	16.90	B local/2	15.25	1	1	28.97716	58.137182	88.137182	fwl	1	58.13718	88.13718	Pwl	88.13718	16.90	16.61		
28.1	16.60738	B local/2	14.05	1	1	28.97716	56.108693	90.5466894	fwl	1	56.10869	90.54669	Pwl	90.54669	0.00	0		
28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	4.550291	0.68982347	fctr	0.5	2.275145	0.344912	P center	2.275145	2.28	2.28		
28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	10.8762	10.1968918	fctr	0.5	5.4381	5.098446	P center	5.4381	14.32	14.32		
28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	34.28447	46.3891382	fctr	0.5	17.14223	23.19457	P center	23.19457	23.19	23.19		
29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	38.137182	53.0542675	fbilge	0	0	0	P bilge 1	0	16.400493	16.40		
30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	39.155382	55.3376043	fbilge	0	0	0	P bilge 2	0	0.00	0.00		
30.5	8.98	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0	0	0	Pwl	0	0.00	0.00		
30.5	8.98	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0	0	0	Pwl	0	0.00	0.00		
28.1	8.98	B local/2	14.05	1	1	28.97716	46.955837	71.1094066	fwl	0	0	0	Pwl	0	0.00	0		
28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	4.550291	0.68982347	fctr									

Load case	Index	B local	Location				P1 [kN/mm2]	P2 [kN/mm2]	Dynamic factor	P1*f	P2*f	Pex-dyn [kN/mm2]	Pww-dyn [kN/mm2]	Pex-amp [kN/mm2]			
			note	z [m]	note	y [m]											
Headsea	1	28.1	Base line	0	CL	0	4.550291	0.689823	fctr	-0.7	-3.1852	-0.48288	P center	-0.48288	-0.48288	-0.48288	
		28.1	0	0	B local/4	7.025	10.8762	10.19689		-0.7	-7.61334	-7.13782		-7.13782	-16.2319	-16.2319	
		28.1	0	0	B local/2	14.05	36.17984	48.22517		-0.7	-25.3259	-33.7576		-25.3259	-25.3259	-25.3259	
		29.797	Bilge 1 (z=R/2)	0.3515	B local/2	14.8985	37.6874	51.90212		fbilge	-0.3	-11.3062	-15.5706	P bilge 1	-11.3062	-21.3483	-21.3483
		30.5	Bilge 2 (z=R)	1.2	B local/2	15.25	39.15538	55.3376		fbilge	-0.3	-11.7466	-16.6013	P bilge 2	-11.7466	-12.1209	-12.1209
		30.5	still water line (z=TLc+(pw/10))	7.525259	B local/2	15.25	46.74569	72.35905		fwl	-0.3	-14.0237	-21.7077		-14.0237	-14.4626	-14.4626
	30.5	still water line (z=TLc)	8.98	B local/2	15.25	48.49138	76.2738		fwl	-0.3	-14.5474	-22.8821	Pwl	-14.5474	-14.5474	-7.27371	
	30.5	still water line (z=TLc+(pw/10))	10.43474	B local/2	15.25	50.23707	80.18855		fwl	-0.3	-15.0711	-24.0566		-15.0711	-29.0948	0	
	28.1	Base line	0	CL	0	4.550291	0.689823	fctr	0.7	3.185204	0.482876	P center	3.185204	3.185204	3.185204		
	28.1	0	0	B local/4	7.025	10.8762	10.19689			0.7	7.61334	7.137824		7.61334	20.68548	20.68548	
	28.1	0	0	B local/2	14.05	36.17984	48.22517			0.7	25.32589	33.75762		33.75762	33.75762	33.75762	
	29.797	Bilge 1 (z=R/2)	0.3515	B local/2	14.8985	37.6874	51.90212		fbilge	0.3	11.30622	15.57064	P bilge 1	15.57064	28.73224	28.73224	
	30.5	Bilge 2 (z=R)	1.2	B local/2	15.25	39.15538	55.3376		fbilge	0.3	11.74661	16.60128	P bilge 2	16.60128	17.44059	17.44059	
	30.5	still water line (z=TLc+(pw/10))	6.691786	B local/2	15.25	45.74553	70.11615		fwl	0.3	13.72366	21.03485		21.03485	22.41143	22.41143	
	30.5	still water line (z=TLc)	8.98	B local/2	15.25	48.49138	76.2738		fwl	0.3	14.54741	22.88214	Pwl	22.88214	22.88214	11.44107	
	30.5	still water line (z=TLc+(pw/10))	11.26821	B local/2	15.25	51.23724	82.43144		fwl	0.3	15.37117	24.72943		24.72943	0	0	
	28.1	Base line	0	CL	0	4.550291	0.689823	fctr	0.3	1.365087	0.206947	P center	1.365087	1.365087	1.365087		
	28.1	0	0	B local/4	7.025	10.8762	10.19689			0.3	3.26286	3.059068		3.26286	8.865205	8.865205	
	28.1	0	0	B local/2	14.05	36.17984	48.22517			0.3	10.85395	14.46755		14.46755	14.46755	14.46755	
	29.797	Bilge 1 (z=R/2)	0.3515	B local/2	14.8985	37.6874	51.90212		fbilge	0.1	3.76874	5.190212	P bilge 1	5.190212	11.85069	11.85069	
	30.5	Bilge 2 (z=R)	1.2	B local/2	15.25	39.15538	55.3376		fbilge	0.1	3.915538	5.53376	P bilge 2	5.53376	5.813531	5.813531	
	30.5	still water line (z=TLc+(pw/10))	8.217262	B local/2	15.25	47.5761	74.22125		fwl	0.1	4.75761	7.422125		7.422125	7.609946	7.609946	
	30.5	still water line (z=TLc)	8.98	B local/2	15.25	48.49138	76.2738		fwl	0.1	4.849138	7.62738	Pwl	7.62738	7.62738	3.81369	
	30.5	still water line (z=TLc+(pw/10))	9.742738	B local/2	15.25	49.40667	78.32635		fwl	0.1	4.940667	7.832635		7.832635	0	0	
	28.1	Base line	0	CL	0	4.550291	0.689823	fctr	-0.3	-1.36509	-0.20695	P center	-0.20695	-0.20695	-0.20695		
	28.1	0	0	B local/4	7.025	10.8762	10.19689			-0.3	-3.26286	-3.05907		-3.05907	-6.95651	-6.95651	
	28.1	0	0	B local/2	14.05	36.17984	48.22517			-0.3	-10.854	-14.4675		-10.854	-10.854	-10.854	
	29.797	Bilge 1 (z=R/2)	0.3515	B local/2	14.8985	37.6874	51.90212		fbilge	-0.1	-3.76874	-5.19021	P bilge 1	-5.19021	-8.82157	-8.82157	
	30.5	Bilge 2 (z=R)	1.2	B local/2	15.25	39.15538	55.3376		fbilge	-0.1	-3.91554	-5.53376	P bilge 2	-3.91554	-4.0403	-4.0403	
	30.5	still water line (z=TLc+(pw/10))	8.495086	B local/2	15.25	47.90949	74.96888		fwl	-0.1	-4.79095	-7.49689		-4.79095	-4.846	-4.846	
	30.5	still water line (z=TLc)	8.98	B local/2	15.25	48.49138	76.2738		fwl	-0.1	-4.84914	-7.62738	Pwl	-4.84914	-4.84914	-2.42457	
	30.5	still water line (z=TLc+(pw/10))	9.464914	B local/2	15.25	49.07328	77.57871		fwl	-0.1	-4.90733	-7.75787		-4.90733	-9.69828	0	
	28.1	Base line	0	CL	0	4.550291	0.689823	fctr	0.9	4.095262	0.620841	P center	4.095262	4.095262	4.095262		
	28.1	0	0	B local/4	7.025	10.8762	10.19689			0.9	9.78858	9.177203		9.78858	26.59561	26.59561	
	28.1	0	0	B local/2	14.05	36.17984	48.22517			0.9	32.56185	43.40265		43.40265	43.40265	43.40265	
	29.797	Bilge 1 (z=R/2)	0.3515	B local/2	14.8985	37.6874	51.90212		fbilge	0.4	15.07496	20.76085	P bilge 1	20.76085	37.17301	37.17301	
	30.5	Bilge 2 (z=R)	1.2	B local/2	15.25	39.15538	55.3376		fbilge	0.4	15.66215	22.13504	P bilge 2	22.13504	23.25413	23.25413	
	30.5	still water line (z=TLc+(pw/10))	5.929048	B local/2	15.25	44.83024	68.0636		fwl	0.4	17.9321	27.22544		27.22544	29.39375	29.39375	
	30.5	still water line (z=TLc)	8.98	B local/2	15.25	48.49138	76.2738		fwl	0.4	19.39655	30.50952	Pwl	30.50952	30.50952	15.25476	
	30.5	still water line (z=TLc+(pw/10))	12.03095	B local/2	15.25	52.15252	84.48399		fwl	0.4	20.86101	33.7936		33.7936	0	0	
	28.1	Base line	0	CL	0	4.550291	0.689823	fctr	0.9	4.095262	0.620841	P center	4.095262	4.095262	4.095262		
	28.1	0	0	B local/4	7.025	10.8762	10.19689			0.9	9.78858	9.177203		9.78858	26.59561	26.59561	
	28.1	0	0	B local/2	14.05	36.17984	48.22517			0.9	32.56185	43.40265		43.40265	43.40265	43.40265	
	29.797	Bilge 1 (z=R/2)	0.3515	B local/2	14.8985	37.6874	51.90212		fbilge	1	37.6874	51.90212	P bilge 1	51.90212	46.8986	46.8986	
	30.5	Bilge 2 (z=R)	1.2	B local/2	15.25	39.15538	55.3376		fbilge	1	39.15538	55.3376	P bilge 2	55.3376	58.13531	58.13531	
	30.5	still water line (z=TLc+(pw/10))	1.35262	B local/2	15.25	39.33853	55.74831		fwl	1	39.33853	55.74831		55.74831	58.83998	58.83998	
	30.5	still water line (z=TLc)	8.98	B local/2	15.25	48.49138	76.2738		fwl	1	48.49138	76.2738	Pwl	76.2738	76.2738	38.1369	
	30.5	still water line (z=H)	16.9	RPOLASLI	0	0	0			0	0	0		0	0	16.60738	
28.1	still water line (z=TLc+(pw/10))	16.60738	B local/2	14.05	56.10869	90.54669		fwl	1	56.10869	90.54669		90.54669	0	0		
28.1	Base line	0	CL	0	4.550291	0.689823	fctr	0.5	2.275145	0.344912	P center	2.275145	2.275145	2.275145			
28.1	0	0	B local/4	7.025	10.8762	10.19689			0.5	5.4381	5.098446		5.4381	14.31633	14.31633		
29.797	0	0	B local/2	14.05	34.28447	46.38914			0.5	17.14223	23.19457		23.19457	23.19457	23.19457		
30.5	Bilge 1 (z=R/2)	0.3515	B local/2	15.25	38.13718	53.05427		fbilge	0	0	0	P bilge 1	0	16.40049	16.40049		
30.5	Bilge 2 (z=R)	1.2	B local/2	15.25	39.15538	55.3376		fbilge	0	0	0	P bilge 2	0	0	0		
30.5	still water line (z=TLc+(pw/10))	8.98	B local/2	15.25	48.49138	76.2738		fwl	0	0	0		0	0	0		
30.5	still water line (z=TLc)	8.98	B local/2	15.25	48.49138	76.2738		fwl	0	0	0	Pwl	0	0	0		
28.1	still water line (z=TLc+(pw/10))	8.98	B local/2	14.05	46.95584	71.10941		fwl	0	0	0		0	0	0		
28.1	Base line	0	CL	0	4.550291	0.689823	fctr	0.5	2.275145	0.344912	P center	2.275145	2.275145	2.275145			
28.1	0	0	B local/4	7.025	10.8762	10.19689			0.5	5.4381	5.098446		5.4381	14.31633	14.31633		
29.797	0	0	B local/2	14.05	34.28447	46.38914			0.5	17.14223	23.19457		23.19457	23.19457	23.19457		
30.5	Bilge 1 (z=R/2)	0.3515	B local/2	15.25	38.13718	53.05427		fbilge	0.4	15.25487	21.22171	P bilge 1	21.22171	22.88422	22.88422		
30.5	Bilge 2 (z=R)	1.2	B local/2	15.25	39.15538	55.3376		fbilge	0.4	15.66215	22.13504	P bilge 2	22.13504	25.29262	25.29262		
30.5	still water line (z=TLc+(pw/10))	4.403572	B local/2	15.25	42.99967	63.9585		fwl	0.6	25.7998	38.3751		38.3751	41.99857	41.99857		
30.5	still water line (z=TLc)	8.98	B local/2	15.25	48.49138	76.2738		fwl	0.6	29.09483	45.76428	Pwl	45.76428	45.76428	22.88214		
28.1	still water line (z=TLc+(pw/10))	13.55643	B local/2	14.05	52.44755	82.77178		fwl	0.6	31.46853	49.66307		49.66307	0	0		

Load	60%
L =	167.81 m
H =	15.60 m
B =	30.50 m
T =	8.98 m
Cb =	0.78

fprob =	0.5	fs =	0.78
fri1-P1 =	1	ft =	0.6
fri1-P2 =	1		
fv =	1		
Cwv =	10.75 - ((300-L)/100)*3/2	; for 150 ≤ L ≤ 300	
A1 =	Tlc =	5.388	m
ling =	0.4		
		e	0.44
		fv	0.74

Load case	Index	B local	Location		Coefficient Calculation				P1	P2	Dynamic factor	P1*f	P2*f	Pex-dyn [kN/mm2]	Pwv-dyn [kN/mm2]	Pex-amp [kN/mm2]		
			note	x [m]	note	y [m]	f1	f2									P11	P12
H e a d s e a	Mwv (Sagging)	28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	5.627891	0.68982347	ftcr	-0.7	-3.93952	-0.48288	P center	-0.48288	-0.48	-0.48
		28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	12.60036	10.1968918		-0.7	-8.82025	-7.13782		-7.13782	-17.74	-17.74
		28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	40.490237	48.2251652		-0.7	-28.3432	-33.7576		-28.3432	-28.34	-28.34
		29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	41.997795	52.5229268	fbilge	-0.3	-12.5993	-15.7569	P bilge 1	-12.5993	-23.86054	-23.86
		30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	43.465782	57.4904263	fbilge	-0.3	-13.0397	-17.2471	P bilge 2	-13.0397	-13.38	-13.38
		30.5	3.933259	B local/2	15.25	1	1	28.97716	46.745692	69.749216	fwl	-0.3	-14.0237	-20.9248		-14.0237	-14.41	-14.41
		30.5	5.388	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	-0.3	-14.5474	-22.8821	Pwl	-14.5474	-14.55	-7.27
		30.5	6.842741	B local/2	15.25	1	1	28.97716	50.237072	82.79838	fwl	-0.3	-15.0711	-24.8395		-15.0711	-29.09	0.00
		28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	5.627891	0.68982347	ftcr	0.7	3.939524	0.482876	P center	3.939524	3.94	3.94
		28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	12.60036	10.1968918		0.7	8.820252	7.137824		8.820252	21.29	21.29
		28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	40.490237	48.2251652		0.7	28.34317	33.75762		33.75762	33.76	33.76
		29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	41.997795	52.5229268	fbilge	0.3	12.5994	15.75688	P bilge 1	15.75688	28.921419	28.92
	30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	43.465782	57.4904263	fbilge	0.3	13.03973	17.24713	P bilge 2	17.24713	18.50	18.50	
	30.5	3.099786	B local/2	15.25	1	1	28.97716	45.745525	66.010537	fwl	0.3	13.72366	19.80332		19.80332	21.57	21.57	
	30.5	5.388	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0.3	14.54741	22.88214	Pwl	22.88214	22.88	11.44	
	30.5	6.76214	B local/2	15.25	1	1	28.97716	51.237239	86.5365422	fwl	0.3	15.37117	25.96096		25.96096	0.00	0.00	
	28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	5.627891	0.68982347	ftcr	0.3	1.688367	0.206947	P center	1.688367	1.69	1.69	
	28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	12.60036	10.1968918		0.3	3.780108	3.059068		3.780108	9.12	9.12	
	28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	40.490237	48.2251652		0.3	12.14707	14.46755		14.46755	14.47	14.47	
	29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	41.997795	52.5229268	fbilge	0.1	4.19978	5.252293	P bilge 1	5.252293	11.913754	11.91	
	30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	43.465782	57.4904263	fbilge	0.1	4.346578	5.749043	P bilge 2	5.749043	6.17	6.17	
	30.5	4.625262	B local/2	15.25	1	1	28.97716	47.576096	72.8528852	fwl	0.1	4.75761	7.285288		7.285288	7.58	7.58	
	30.5	5.388	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0.1	4.849138	7.62738	Pwl	7.62738	7.63	3.81	
	30.5	6.150738	B local/2	15.25	1	1	28.97716	49.406668	79.0947127	fwl	0.1	4.940667	7.969471		7.969471	0.00	0.00	
28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	5.627891	0.68982347	ftcr	-0.3	-1.68837	-0.20695	P center	-0.20695	-0.21	-0.21		
28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	12.60036	10.1968918		-0.3	-3.78011	-3.05907		-3.05907	-7.60	-7.60		
28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	40.490237	48.2251652		-0.3	-12.1471	-14.4675		-12.1471	-12.15	-12.15		
29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	41.997795	52.5229268	fbilge	-0.1	-4.19978	-5.25229	P bilge 1	-4.19978	-9.862177	-9.86		
30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	43.465782	57.4904263	fbilge	-0.1	-4.34658	-5.74904	P bilge 2	-4.34658	-4.46	-4.46		
30.5	4.903086	B local/2	15.25	1	1	28.97716	47.909485	74.0989373	fwl	-0.1	-4.79095	-7.40989		-4.79095	-4.84	-4.84		
30.5	5.388	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	-0.1	-4.84914	-7.62738	Pwl	-4.84914	-4.85	-2.42		
30.5	5.872914	B local/2	15.25	1	1	28.97716	49.073279	78.4486587	fwl	-0.1	-4.90733	-7.84487		-4.90733	-9.70	0.00		
B e a m	Sa	28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	5.627891	0.68982347	ftcr	0.9	5.065102	0.620841	P center	5.065102	5.07	5.07
		28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	12.60036	10.1968918		0.9	11.34032	9.177203		11.34032	27.37	27.37
		28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	40.490237	48.2251652		0.9	36.44121	43.40265		43.40265	43.40	43.40
		29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	41.997795	52.5229268	fbilge	0.4	16.79912	21.00917	P bilge 1	21.00917	37.425251	37.43
		30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	43.465782	57.4904263	fbilge	0.4	17.38631	22.99617	P bilge 2	22.99617	24.67	24.67
		30.5	2.337048	B local/2	15.25	1	1	28.97716	44.83024	62.590139	fwl	0.4	17.9321	25.03606		25.03606	27.41	27.41
		30.5	5.388	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0.4	19.39655	30.50952	Pwl	30.50952	30.51	15.25
		30.5	8.438952	B local/2	15.25	1	1	28.97716	52.152524	89.957457	fwl	0.4	20.86101	35.98298		35.98298	0.00	0.00
		28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	5.627891	0.68982347	ftcr	0.9	5.065102	0.620841	P center	5.065102	5.07	5.07
		28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	12.60036	10.1968918		0.9	11.34032	9.177203		11.34032	27.37	27.37
		28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	40.490237	48.2251652		0.9	36.44121	43.40265		43.40265	43.40	43.40
		29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	41.997795	52.5229268	fbilge	0.1	4.19978	5.252293	P bilge 1	5.252293	47.529194	47.53
	30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	43.465782	57.4904263	fbilge	0.1	4.346578	5.749043	P bilge 2	5.749043	61.67	61.67	
	30.5	-2.23938	B local/2	15.25	1	1	28.97716	39.338526	42.0646504	fwl	1	39.33853	42.06465		42.06465	27.85	27.85	
	30.5	5.388	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	1	48.49138	76.2738	Pwl	76.2738	76.27	38.14	
	30.5	16.90	INTERPOLATED LINER															13.02
	28.1	13.01538	B local/2	14.05	1	1	28.97716	56.108693	103.504876	fwl	1	56.10869	103.5049		103.5049	0.00	0.00	
	28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	5.627891	0.68982347	ftcr	0.5	2.813945	0.344912	P center	2.813945	2.81	2.81	
	28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	12.60036	10.1968918		0.5	6.30018	5.098446		6.30018	14.75	14.75	
	29.797	0.3515	B local/2	14.05	1	1	28.97716	38.300286	46.3891382		0.5	19.15014	23.19457		23.19457	23.19	23.19	
	30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	42.447582	53.684649	fbilge	0	0	0	P bilge 1	0	16.400493	16.40	
	30.5	5.388	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0	0	0	P bilge 2	0	0.00	0.00	
	30.5	5.388	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0	0	0		0	0.00	0.00	
	28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	5.627891	0.68982347	ftcr	0	0	0	Pwl	0	0.00	0.00	
28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	12.60036	10.1968918		0.5	2.813945	0.344912	P center	2.813945	2.81	2.81		
29.797	0.3515	B local/2	14.05	1	1	28.97716	38.300286	46.3891382		0.5	19.15014	23.19457		23.19457	23.19	23.19		
30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	42.447582	53.684649	fbilge	0.4	16.97903	21.47395	P bilge 1	21.47395	23.136455	23.14		
30.5	5.388	B local/2	15.25	1	1	28.97716	43.465782	57.4904263	fbilge	0.4	17.38631	22.99617	P bilge 2	22.99617	28.07	28.07		
30.5	0.811572	B local/2	15.25	1	1	28.97716	42.999668	55.7483095	fwl	0.6	25.7998	33.44899		33.44899	35.30</			

Load	40%	L = 167.81 m
		H = 15.60 m
		B = 30.50 m
		T = 8.98 m
		Cb = 0.78

fprob = 0.5	fs = 0.78
fnt-P1 = 1	ft = 0.4
fnt-P2 = 1	
fv = 1	
Cwv = 10.75-((300-L)/100)*3/2 ; for 150 ≤ L ≤ 300	
A1 = 9.2301599	
fmg = Tlc = 3.592 m	
	e = 0.44
	fv = 0.74

Load case	Index	B local	Location		Coefficient Calculation						Dynamic factor	P1*f	P2*f	Pex-dyn [kN/mm2]	Pwv-dyn [kN/mm2]	Pex-amp [kN/mm2]								
			z [m]	note	y [m]	f1	f2	P11	P1	P2														
H e a d s e a	Mwv (Sagging)	2	B local	28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	6.166691	0.68982347	ftcr	-0.7	-4.31668	-0.48288	P center	-0.48288	0.48	-0.48				
				28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	13.46244	10.1968918		-0.7	-9.42371	-7.13782		-7.13782	-18.49	-18.49				
				28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	42.64537	48.2251652		-0.7	-29.8518	-33.7576		-29.8518	-29.85	-29.85				
				29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	44.152995	53.2989324	fbilge	-0.3	-13.2459	-15.9897	P bilge 1	-13.2459	-25.11666	-25.12				
				30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	45.620982	60.1814537	fbilge	-0.3	-13.6863	-18.0544	P bilge 2	-13.6863	-13.97	-13.97				
				30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	2.137259	B local/2	15.25	1	1	28.97716	46.745692	66.4869249	fwl	-0.3	-14.0237	-19.9461		-14.0237	-14.34	-14.34			
				30.5	still water line (z=Tlc)	3.592	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	-0.3	-14.5474	-22.8821	Pwl	-14.5474	-14.55	-7.27			
				30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	5.046741	B local/2	15.25	1	1	28.97716	50.237072	86.060671	fwl	-0.3	-15.0711	-25.8182		-15.0711	-29.09	0.00			
				H e a d s e a	2	3	B local	28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	6.166691	0.68982347	ftcr	0.7	4.316684	0.482876	P center	4.316684	4.32	4.32
								28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	13.46244	10.1968918		0.7	9.423708	7.137824		9.423708	21.59	21.59
28.1	0	B local/2	14.05					1	1	28.97716	42.64537	48.2251652		0.7	29.85181	33.75762		33.75762	33.76	33.76				
29.797	0.3515	B local/2	14.8985					1	1	28.97716	44.152995	53.2989324	fbilge	0.3	13.2459	15.98968	P bilge 1	15.98968	29.157893	29.16				
30.5	1.2	B local/2	15.25					1	1	28.97716	45.620982	60.1814537	fbilge	0.3	13.68629	18.05444	P bilge 2	18.05444	19.67	19.67				
30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	1.303786	B local/2					15.25	1	1	28.97716	45.745525	60.8796816	fwl	0.3	13.72366	18.2639		18.2639	19.94	19.94			
30.5	still water line (z=Tlc)	3.592	B local/2					15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0.3	14.54741	22.88214	Pwl	22.88214	22.88	11.44			
30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	5.880214	B local/2					15.25	1	1	28.97716	51.237239	91.6679144	fwl	0.3	15.37117	27.50037		27.50037	0.00	0.00			
H e a d s e a	3	4	B local					28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	6.166691	0.68982347	ftcr	0.3	1.850007	0.206947	P center	1.850007	1.85	1.85
								28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	13.46244	10.1968918		0.3	4.038732	3.059068		4.038732	9.25	9.25
				28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	42.64537	48.2251652		0.3	12.79363	14.46755		14.46755	14.47	14.47				
				29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	44.152995	53.2989324	fbilge	0.1	4.4153	5.329893	P bilge 1	5.329893	11.992578	11.99				
				30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	45.620982	60.1814537	fbilge	0.1	4.562098	6.018145	P bilge 2	6.018145	6.56	6.56				
				30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	2.829262	B local/2	15.25	1	1	28.97716	47.576096	71.1424259	fwl	0.1	4.75761	7.114243		7.114243	7.52	7.52			
				30.5	still water line (z=Tlc)	3.592	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0.1	4.849138	7.62738	Pwl	7.62738	7.63	3.81			
				30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	4.354738	B local/2	15.25	1	1	28.97716	49.646668	81.4051701	fwl	0.1	4.940667	8.140517		8.140517	0.00	0.00			
				B e a m s e a	5a	5a	B local	28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	6.166691	0.68982347	ftcr	-0.3	-1.850001	-0.20695	P center	-0.20695	-0.21	-0.21
								28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	13.46244	10.1968918		-0.3	-4.03873	-3.05907		-3.05907	-7.93	-7.93
28.1	0	B local/2	14.05					1	1	28.97716	42.64537	48.2251652		-0.3	-12.7936	-14.4675		-12.7936	-12.79	-12.79				
29.797	0.3515	B local/2	14.8985					1	1	28.97716	44.152995	53.2989324	fbilge	-0.1	-4.4153	-5.32989	P bilge 1	-4.4153	-10.38248	-10.38				
30.5	1.2	B local/2	15.25					1	1	28.97716	45.620982	60.1814537	fbilge	-0.1	-4.5621	-6.01815	P bilge 2	-4.5621	-4.66	-4.66				
30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	3.107086	B local/2					15.25	1	1	28.97716	47.909485	73.011507	fwl	-0.1	-4.79095	-7.30115		-4.79095	-4.84	-4.84			
30.5	still water line (z=Tlc)	3.592	B local/2					15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	-0.1	-4.84914	-7.62738	Pwl	-4.84914	-4.85	-2.42			
30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	4.076914	B local/2					15.25	1	1	28.97716	49.073279	79.536089	fwl	-0.1	-4.90733	-7.95361		-4.90733	-9.70	0.00			
B e a m s e a	5b	5b	B local					28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	6.166691	0.68982347	ftcr	0.9	5.550022	0.620841	P center	5.550022	5.55	5.55
								28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	13.46244	10.1968918		0.9	12.1162	9.177203		12.1162	27.76	27.76
				28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	42.64537	48.2251652		0.9	38.38089	43.40265		43.40265	43.40	43.40				
				29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	44.152995	53.2989324	fbilge	0.4	17.6612	21.31957	P bilge 1	21.31957	37.74055	37.74				
				30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	45.620982	60.1814537	fbilge	0.4	18.24839	24.07258	P bilge 2	24.07258	26.22	26.22				
				30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	0.541048	B local/2	15.25	1	1	28.97716	44.83024	55.7483095	fwl	0.4	17.9321	22.29932		22.29932	23.54	23.54			
				30.5	still water line (z=Tlc)	3.592	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0.4	19.39655	30.50952	Pwl	30.50952	30.51	15.25			
				30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	6.642952	B local/2	15.25	1	1	28.97716	52.152524	96.7992865	fwl	0.4	20.86101	38.71971		38.71971	0.00	0.00			
				O b l i q u e s e a	6a	6a	B local	28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	6.166691	0.68982347	ftcr	0.9	5.550022	0.620841	P center	5.550022	5.55	5.55
								28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	13.46244	10.1968918		0.9	12.1162	9.177203		12.1162	27.76	27.76
28.1	0	B local/2	14.05					1	1	28.97716	42.64537	48.2251652		0.9	38.38089	43.40265		43.40265	43.40	43.40				
29.797	0.3515	B local/2	14.8985					1	1	28.97716	44.152995	53.2989324	fbilge	1	44.153	53.29893	P bilge 1	53.29893	48.31744	48.32				
30.5	1.2	B local/2	15.25					1	1	28.97716	45.620982	60.1814537	fbilge	1	45.62098	60.18145	P bilge 2	60.18145	65.56	65.56				
30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	-4.03538	B local/2					15.25	1	1	28.97716	39.338526	24.9600767	fwl	1	39.33853	24.96008		39.33853	-2.16	-2.16			
30.5	still water line (z=Tlc)	3.592	B local/2					15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	1	48.49138	76.2738	Pwl	76.2738	76.27	38.14			
INTERCLASS UNWR																								
30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	16.90	B local/2					15.25	1	1	28.97716	57.644238	127.587591	fwl	1	57.64424	127.5875		127.5875	0.00	0.00			
O b l i q u e s e a	6b	6b	B local					28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	6.166691	0.68982347	ftcr	0.5	3.083345	0.344912	P center	3.083345	3.08	3.08
				28.1	0	B local/4	7.025	0.4	0	28.97716	13.46244	10.1968918		0.5	6.73122	5.098446		6.73122	15.42	15.42				
				28.1	0	B local/2	14.05	1	1	28.97716	42.64537	48.2251652		0.5	21.32272	24.11258		24.11258	24.11	24.11				
				29.797	0.3515	B local/2	14.8985	1	1	28.97716	44.152995	53.2989324	fbilge	0	0	0	P bilge 1	0	17.049605	17.05				
				30.5	1.2	B local/2	15.25	1	1	28.97716	45.620982	60.1814537	fbilge	0	0	0	P bilge 2	0	0.00	0.00				
				30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	3.592	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0	0	0		0	0.00	0.00			
				30.5	still water line (z=Tlc)	3.592	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0	0	0	Pwl	0	0.00	0.00			
				30.5	still water line (z=Tlc+(pw/10))	3.592	B local/2	15.25	1	1	28.97716	48.491382	76.273798	fwl	0	0	0		0	0.00	0.00			
				O b l i q u e s e a	6b	6b	B local	28.1	0	CL	0	0.25	-0.25	28.97716	6.166691	0.68982347	ftcr	0.5	3.083345	0.344912	P center	3.083345	3.08	3.08

L = 167,81 m
H = 16,9 m
B = 30,5 m
T = 10,8 m
Cb = 0,78

fprob = 0,5
fn1-P1 = 1
fn1-P2 = 1
fv = 1
Cww = $10,75 - ((300-L)/100)^{3/2}$; for $150 \leq L \leq 300$
= 9,2301599
A1 = Tlc = 8,761 m
fing = 0,4
fs = 0,78
ft = 0,8112037
o = 0,44
fv = 0,74

Load case	Index	Location		Coefficient Calculation				P1 [kN/mm2]	P2 [kN/mm2]	Dynamic factor	P1*f	P2*f	Pex-dyn [kN/mm2]	Pww-dyn [kN/mm2]	Pex-amp [kN/mm2]			
		note	z [m]	note	y [m]	f1	f2									P11	P2	
A1	1	28,1	0	CL	0	0,25	-0,25	28,97716	4,615991	0,68982347	ftcr	-0,7	-3,23119	-0,48288	P center	-0,48288	-0,48	-0,48
		28,1	0	B local/4	7,025	0,4	0	28,97716	10,98132	10,1968918	ftcr	-0,7	-7,686924	-7,137824	P center	-7,137824	-16,32	-16,32
		28,1	0	B local/2	14,05	1	1	28,97716	36,442637	48,2251652	ftcr	-0,7	-25,50985	-33,75762	P center	-25,50985	-25,51	-25,51
		29,797	0,3515	B local/2	14,8985	1	1	28,97716	37,950195	51,9253998	fbilge	-0,3	-11,3851	-15,57762	P bilge 1	-11,3851	-21,50146	-21,50
		30,5	1,2	B local/2	15,25	1	1	28,97716	39,418182	55,4183259	fbilge	-0,3	-11,8255	-16,6255	P bilge 2	-11,8255	-12,20	-12,20
		30,5	7,306259	B local/2	15,25	1	1	28,97716	46,745692	72,2611912	fwl	-0,3	-14,0237	-21,6784	Pwl	-14,0237	-14,46	-14,46
		30,5	8,761	B local/2	15,25	1	1	28,97716	48,491382	76,273798	fwl	-0,3	-14,5474	-22,8821	Pwl	-14,5474	-14,55	-7,27
		30,5	10,21574	B local/2	15,25	1	1	28,97716	50,237072	80,2864048	fwl	-0,3	-15,0711	-24,0859	Pwl	-15,0711	-29,09	0,00
		28,1	0	CL	0	0,25	-0,25	28,97716	4,615991	0,68982347	ftcr	0,7	3,231194	0,482876	P center	3,231194	3,23	3,23
		28,1	0	B local/4	7,025	0,4	0	28,97716	10,98132	10,1968918	ftcr	0,7	7,686924	7,137824	P center	7,686924	20,72	20,72
		28,1	0	B local/2	14,05	1	1	28,97716	36,442637	48,2251652	ftcr	0,7	25,50985	33,75762	P center	33,75762	33,76	33,76
		29,797	0,3515	B local/2	14,8985	1	1	28,97716	37,950195	51,9253998	fbilge	0,3	11,38506	15,57762	P bilge 1	15,57762	28,79	28,79
	30,5	1,2	B local/2	15,25	1	1	28,97716	39,418182	55,4183259	fbilge	0,3	11,82545	16,6255	P bilge 2	16,6255	17,48	17,48	
	30,5	6,472786	B local/2	15,25	1	1	28,97716	45,745525	69,9622278	fwl	0,3	13,72366	20,98867	Pwl	20,98867	22,39	22,39	
	30,5	8,761	B local/2	15,25	1	1	28,97716	48,491382	76,273798	fwl	0,3	14,54741	22,88214	Pwl	22,88214	22,88	11,44	
	30,5	11,04921	B local/2	15,25	1	1	28,97716	51,237239	82,5853681	fwl	0,3	15,37117	24,77561	Pwl	24,77561	0,00	0	
	28,1	0	CL	0	0,25	-0,25	28,97716	4,615991	0,68982347	ftcr	0,3	1,384797	0,206947	P center	1,384797	1,38	1,38	
	28,1	0	B local/4	7,025	0,4	0	28,97716	10,98132	10,1968918	ftcr	0,3	3,294396	3,059068	P center	3,294396	8,88	8,88	
	28,1	0	B local/2	14,05	1	1	28,97716	36,442637	48,2251652	ftcr	0,3	10,93279	14,46755	P center	14,46755	14,47	14,47	
	29,797	0,3515	B local/2	14,8985	1	1	28,97716	37,950195	51,9253998	fbilge	0,1	3,79502	5,19254	P bilge 1	5,19254	11,853058	11,85	
	30,5	1,2	B local/2	15,25	1	1	28,97716	39,418182	55,4183259	fbilge	0,1	3,941818	5,541833	P bilge 2	5,541833	5,83	5,83	
	30,5	7,998262	B local/2	15,25	1	1	28,97716	47,576096	74,1699413	fwl	0,1	4,75761	7,416994	Pwl	7,416994	7,61	7,61	
	30,5	8,761	B local/2	15,25	1	1	28,97716	48,491382	76,273798	fwl	0,1	4,849138	7,62738	Pwl	7,62738	7,63	3,81	
	30,5	9,523738	B local/2	15,25	1	1	28,97716	49,406667	78,3776547	fwl	0,1	4,940667	7,837765	Pwl	7,837765	0,00	0	
28,1	0	CL	0	0,25	-0,25	28,97716	4,615991	0,68982347	ftcr	-0,3	-1,3848	-0,20695	P center	-0,20695	-0,21	-0,21		
28,1	0	B local/4	7,025	0,4	0	28,97716	10,98132	10,1968918	ftcr	-0,3	-3,2944	-3,05907	P center	-3,05907	-7,00	-7,00		
28,1	0	B local/2	14,05	1	1	28,97716	36,442637	48,2251652	ftcr	-0,3	-10,9328	-14,4675	P center	-10,9328	-10,93	-10,93		
29,797	0,3515	B local/2	14,8985	1	1	28,97716	37,950195	51,9253998	fbilge	-0,1	-3,79502	-5,19254	P bilge 1	-3,79502	-8,85019	-8,89		
30,5	1,2	B local/2	15,25	1	1	28,97716	39,418182	55,4183259	fbilge	-0,1	-3,94182	-5,54183	P bilge 2	-3,94182	-4,07	-4,07		
30,5	8,276086	B local/2	15,25	1	1	28,97716	47,909485	74,9362624	fwl	-0,1	-4,79095	-7,49363	Pwl	-4,79095	-4,85	-4,85		
30,5	8,761	B local/2	15,25	1	1	28,97716	48,491382	76,273798	fwl	-0,1	-4,84914	-7,62738	Pwl	-4,84914	-4,85	-2,42		
30,5	9,245914	B local/2	15,25	1	1	28,97716	49,073279	77,6113336	fwl	-0,1	-4,90733	-7,76113	Pwl	-4,90733	-7,70	0		
A1	5a	28,1	0	CL	0	0,25	-0,25	28,97716	4,615991	0,68982347	ftcr	0,9	4,154392	0,620841	P center	4,154392	4,15	4,15
		28,1	0	B local/4	7,025	0,4	0	28,97716	10,98132	10,1968918	ftcr	0,9	9,883188	9,177203	P center	9,883188	26,64	26,64
		28,1	0	B local/2	14,05	1	1	28,97716	36,442637	48,2251652	ftcr	0,9	32,79837	43,40265	P center	43,40265	43,40	43,40
		29,797	0,3515	B local/2	14,8985	1	1	28,97716	37,950195	51,9253998	fbilge	0,4	15,18008	20,77016	P bilge 1	20,77016	37,18247	37,18
		30,5	1,2	B local/2	15,25	1	1	28,97716	39,418182	55,4183259	fbilge	0,4	15,76727	22,16733	P bilge 2	22,16733	23,31	23,31
		30,5	5,710048	B local/2	15,25	1	1	28,97716	44,83024	67,8583711	fwl	0,4	17,9321	27,14335	Pwl	27,14335	29,34	29,34
		30,5	8,761	B local/2	15,25	1	1	28,97716	48,491382	76,273798	fwl	0,4	19,39655	30,50952	Pwl	30,50952	30,51	15,25
		30,5	11,81195	B local/2	15,25	1	1	28,97716	52,152524	84,6892248	fwl	0,4	20,86101	33,87569	Pwl	33,87569	0,00	0
		28,1	0	CL	0	0,25	-0,25	28,97716	4,615991	0,68982347	ftcr	0,9	4,154392	0,620841	P center	4,154392	4,15	4,15
		28,1	0	B local/4	7,025	0,4	0	28,97716	10,98132	10,1968918	ftcr	0,9	9,883188	9,177203	P center	9,883188	26,64	26,64
		28,1	0	B local/2	14,05	1	1	28,97716	36,442637	48,2251652	ftcr	0,9	32,79837	43,40265	P center	43,40265	43,40	43,40
		29,797	0,3515	B local/2	14,8985	1	1	28,97716	37,950195	51,9253998	fbilge	1	37,9502	51,9254	P bilge 1	51,9254	46,922241	46,92
	30,5	1,2	B local/2	15,25	1	1	28,97716	39,418182	55,4183259	fbilge	1	39,41818	55,41833	P bilge 2	55,41833	58,27	58,27	
	30,5	1,13362	B local/2	15,25	1	1	28,97716	39,388526	55,2352308	fwl	1	39,38853	55,23523	Pwl	55,23523	57,96	57,96	
	30,5	8,761	B local/2	15,25	1	1	28,97716	48,491382	76,273798	fwl	1	48,49138	76,2738	Pwl	76,2738	76,27	38,14	
	30,5	16,90	B local/2	15,25	1	1	28,97716	57,644238	97,3123651	fwl	1	57,64424	97,31237	Pwl	97,31237	0,00	0	
	28,1	0	CL	0	0,25	-0,25	28,97716	4,615991	0,68982347	ftcr	0,5	2,307995	0,344912	P center	2,307995	2,31	2,31	
	28,1	0	B local/4	7,025	0,4	0	28,97716	10,98132	10,1968918	ftcr	0,5	5,49066	5,098446	P center	5,49066	14,80	14,80	
	28,1	0	B local/2	14,05	1	1	28,97716	36,442637	48,2251652	ftcr	0,5	18,22132	24,11258	P center	24,11258	24,11	24,11	
	29,797	0,3515	B local/2	14,8985	1	1	28,97716	37,950195	51,9253998	fbilge	0	0	0	P bilge 1	0	17,049605	17,05	
	30,5	1,2	B local/2	15,25	1	1	28,97716	39,418182	55,4183259	fbilge	0	0	0	P bilge 2	0	0,00	0,00	
	30,5	8,761	B local/2	15,25	1	1	28,97716	48,491382	76,273798	fwl	0	0	0	Pwl	0	0,00	0,00	
	30,5	8,761	B local/2	15,25	1	1	28,97716	48,491382	76,273798	fwl	0	0	0	Pwl	0	0,00	0,00	
	30,5	8,761	B local/2	15,25	1	1	28,97716	48,491382	76,273798	fwl	0	0	0	Pwl	0	0,00	0,00	
28,1	0	CL	0	0,25	-0,25	28,97716	4,615991	0,68982347	ftcr	0,5	2,307995	0,344912	P center	2,307995	2,31	2,31		
28,1	0	B local/4	7,025	0,4	0	28,97716	10,98132	10,1968918	ftcr	0,5	5,49066	5,098446	P center	5,49066	14,80	14,80		
28,1	0	B local/2	14,05	1	1	28,97716	36,442637	48,2251652	ftcr	0,5	18,22132	24,11258	P center	24,11258	24,11	24,11		
29,797	0,3515	B local/2	14,8985	1	1	28,97716	37,950195	51,9253998	fbilge	0,4	15,18008	20,77016	P bilge 1	20,77016	23,542786	23,54		
30,5	1,2	B local/2	15,25	1	1	28,97716	39,418182	55,4183259	fbilge	0,4	15,76727	22,16733	P bilge 2	22,16733	25,40	25,40		
30,5	4,184572	B local/2	15,25	1	1	28,97												

Load case	Index	Koordinat		Pressure		Total Pressure	GUI Pressure
		x	y	Static	Dynamic		
H e a d s e a	Mwv (Sagging)1	0	0		-0,48	-0,48	-0,48
		7,025	0		-16,23	-16,23	-16,23
		14,05	0		-25,33	-25,33	-25,33
		14,8985	0,3515		-21,35	-21,35	-21,35
		15,25	1,2		-12,12	-12,12	-12,12
		15,25	7,525258542		-14,46	-14,46	-14,46
		15,25	8,98		-7,27	-7,27	-7,27
		15,25	10,43474146		0,00	0,00	0,00
	2	0	0		3,19	3,19	3,19
		7,025	0		20,69	20,69	20,69
		14,05	0		33,76	33,76	33,76
		14,8985	0,3515		28,73	28,73	28,73
		15,25	1,2		17,44	17,44	17,44
		15,25	6,691786061		22,41	22,41	22,41
		15,25	8,98		11,44	11,44	11,44
		15,25	11,26821394		0,00	0,00	0,00
	3	0	0		1,37	1,37	1,37
		7,025	0		8,87	8,87	8,87
		14,05	0		14,47	14,47	14,47
		14,8985	0,3515		11,85	11,85	11,85
		15,25	1,2		5,81	5,81	5,81
		15,25	8,21726202		7,61	7,61	7,61
		15,25	8,98		3,81	3,81	3,81
		15,25	9,74273798		0,00	0,00	0,00
	4	0	0		-0,21	-0,21	-0,21
		7,025	0		-6,96	-6,96	-6,96
		14,05	0		-10,85	-10,85	-10,85
		14,8985	0,3515		-8,82	-8,82	-8,82
15,25		1,2		-4,04	-4,04	-4,04	
15,25		8,495086181		-4,85	-4,85	-4,85	
15,25		8,98		-2,42	-2,42	-2,42	
15,25		9,464913819		0,00	0,00	0,00	
B e a m s e a	5a	0	0		4,10	4,10	4,10
		7,025	0		26,60	26,60	26,60
		14,05	0		43,40	43,40	43,40
		14,8985	0,3515		37,17	37,17	37,17
		15,25	1,2		23,25	23,25	23,25
		15,25	5,929048081		29,39	29,39	29,39
		15,25	8,98		15,25	15,25	15,25
		15,25	12,03095192		0,00	0,00	0,00
	5b	0	0		4,10	4,10	4,10
		-7,025	0		26,60	26,60	26,60
		-14,05	0		43,40	43,40	43,40
		-14,8985	0,3515		46,90	46,90	46,90
		-15,25	1,2		58,14	58,14	58,14
		-15,25	1,352620202		58,84	58,84	58,84
-15,25	8,98		38,14	38,14	38,14		
-14,05	16,90		16,61	16,61	16,61		
O b l i	6a	0	0		2,28	2,28	2,28
		7,025	0		14,32	14,32	14,32
		14,05	0		23,19	23,19	23,19
		15,25	0,3515		16,40	16,40	16,40
		15,25	1,2		0,00	0,00	0,00
		15,25	8,98		0,00	0,00	0,00
		15,25	8,98		0,00	0,00	0,00

u e s e a	6b	0	0		2,28	2,28	2,28
		-7,025	0		14,32	14,32	14,32
		-14,05	0		23,19	23,19	23,19
		-15,25	0,3515		22,88	22,88	22,88
		-15,25	1,2		25,29	25,29	25,29
		-15,25	4,403572121		42,00	42,00	42,00
		-15,25	8,98		22,88	22,88	22,88
		-14,05	13,55642788		0,00	0,00	0,00

Total Pressure		20,012734	20,01
GUI Pressure		20,012734	20,01
		1,0006367	1,0006367

Load case	Index	Koordinat		Pressure		Total Pressure	GUI Pressure
		x	y	Static	Dynamic		
H e a d s e a	Mwv (Sagging)1	0	0		-0,48	-0,48	-0,48
		7,025	0		-17,74	-17,74	-17,74
		14,05	0		-28,34	-28,34	-28,34
		14,8985	0,3515		-23,86	-23,86	-23,86
		15,25	1,2		-13,38	-13,38	-13,38
		15,25	3,933258542		-14,41	-14,41	-14,41
		15,25	5,388		-7,27	-7,27	-7,27
		15,25	6,842741458		0,00	0,00	0,00
	2	0	0		3,94	3,94	3,94
		7,025	0		21,29	21,29	21,29
		14,05	0		33,76	33,76	33,76
		14,8985	0,3515		28,92	28,92	28,92
		15,25	1,2		18,50	18,50	18,50
		15,25	3,099786061		21,57	21,57	21,57
		15,25	5,388		11,44	11,44	11,44
		15,25	7,676213939		0,00	0,00	0,00
	3	0	0		1,69	1,69	1,69
		7,025	0		9,12	9,12	9,12
		14,05	0		14,47	14,47	14,47
		14,8985	0,3515		11,91	11,91	11,91
		15,25	1,2		6,17	6,17	6,17
		15,25	4,62526202		7,58	7,58	7,58
		15,25	5,388		3,81	3,81	3,81
		15,25	6,15073798		0,00	0,00	0,00
	4	0	0		-0,21	-0,21	-0,21
		7,025	0		-7,60	-7,60	-7,60
		14,05	0		-12,15	-12,15	-12,15
		14,8985	0,3515		-9,86	-9,86	-9,86
15,25		1,2		-4,46	-4,46	-4,46	
15,25		4,903086181		-4,84	-4,84	-4,84	
15,25		5,388		-2,42	-2,42	-2,42	
15,25		5,872913819		0,00	0,00	0,00	
B e a m s e a	5a	0	0		5,07	5,07	5,07
		7,025	0		27,37	27,37	27,37
		14,05	0		43,40	43,40	43,40
		14,8985	0,3515		37,43	37,43	37,43
		15,25	1,2		24,67	24,67	24,67
		15,25	2,337048081		27,41	27,41	27,41
		15,25	5,388		15,25	15,25	15,25
		15,25	8,438951919		0,00	0,00	0,00
	5b	0	0		5,07	5,07	5,07
		-7,025	0		27,37	27,37	27,37
		-14,05	0		43,40	43,40	43,40
		-14,8985	0,3515		47,53	47,53	47,53
		-15,25	1,2		61,67	61,67	61,67
		-15,25	-2,239379798		27,85	27,85	27,85
-15,25	5,388		38,14	38,14	38,14		
-14,05	16,9		13,02	13,02	13,02		
O b l i q u e s e a	6a	0	0		0,00	0,00	0,00
		7,025	0		2,81	2,81	2,81
		14,05	0		14,75	14,75	14,75
		15,25	0,3515		23,19	23,19	23,19
		15,25	1,2		16,40	16,40	16,40
		15,25	5,388		0,00	0,00	0,00
		15,25	5,388		0,00	0,00	0,00
		14,05	5,388		0,00	0,00	0,00
	6b	0	0		0,00	0,00	0,00
		-7,025	0		2,81	2,81	2,81
		-14,05	0		14,75	14,75	14,75
		-15,25	0,3515		23,19	23,19	23,19
		-15,25	1,2		23,14	23,14	23,14
		-15,25	0,811572121		28,07	28,07	28,07
-15,25	5,388		35,30	35,30	35,30		
-14,05	9,964427879		22,88	22,88	22,88		
				Total Pressure		20,012734	20,01
				GUI Pressure		20,012734	20,01
						1,0006367	1,0006367

Load case	Index	Koordinat		Pressure		Total Pressure	GUI Pressure	
		x	y	Static	Dynamic			
H e a d s e a	Mwv (Sagging)1	0	0		-0,48	-0,48	-0,48	
		7,025	0		-18,49	-18,49	-18,49	
		14,05	0		-29,85	-29,85	-29,85	
		14,8985	0,3515		-25,12	-25,12	-25,12	
		15,25	1,2		-13,97	-13,97	-13,97	
		15,25	2,137258542		-14,34	-14,34	-14,34	
		15,25	3,592		-7,27	-7,27	-7,27	
		15,25	5,046741458		0,00	0,00	0,00	
	2	0	0		4,32	4,32	4,32	
		7,025	0		21,59	21,59	21,59	
		14,05	0		33,76	33,76	33,76	
		14,8985	0,3515		29,16	29,16	29,16	
		15,25	1,2		19,67	19,67	19,67	
		15,25	1,303786061		19,94	19,94	19,94	
		15,25	3,592		11,44	11,44	11,44	
		15,25	5,880213939		0,00	0,00	0,00	
	3	0	0		1,85	1,85	1,85	
		7,025	0		9,25	9,25	9,25	
		14,05	0		14,47	14,47	14,47	
		14,8985	0,3515		11,99	11,99	11,99	
		15,25	1,2		6,56	6,56	6,56	
		15,25	2,82926202		7,52	7,52	7,52	
		15,25	3,592		3,81	3,81	3,81	
		15,25	4,35473798		0,00	0,00	0,00	
	4	0	0		-0,21	-0,21	-0,21	
		7,025	0		-7,93	-7,93	-7,93	
		14,05	0		-12,79	-12,79	-12,79	
		14,8985	0,3515		-10,38	-10,38	-10,38	
		15,25	1,2		-4,66	-4,66	-4,66	
		15,25	3,107086181		-4,84	-4,84	-4,84	
		15,25	3,592		-2,42	-2,42	-2,42	
		15,25	4,076913819		0,00	0,00	0,00	
	B e a m s e a	5a	0	0		5,55	5,55	5,55
			7,025	0		27,76	27,76	27,76
			14,05	0		43,40	43,40	43,40
14,8985			0,3515		37,74	37,74	37,74	
15,25			1,2		26,22	26,22	26,22	
15,25			0,541048081		23,54	23,54	23,54	
15,25			3,592		15,25	15,25	15,25	
15,25			6,642951919		0,00	0,00	0,00	
5b		0	0		5,55	5,55	5,55	
		-7,025	0		27,76	27,76	27,76	
		-14,05	0		43,40	43,40	43,40	
		-14,8985	0,3515		48,32	48,32	48,32	
		-15,25	1,2		65,56	65,56	65,56	
		-15,25	-4,035379798		-2,16	-2,16	-2,16	
-15,25	3,592		38,14	38,14	38,14			
-15,25	16,9		11,22	11,22	11,22			
O b l i q u e s e a	6a	0	0		0,00	0,00	0,00	
		7,025	0		3,08	3,08	3,08	
		14,05	0		15,42	15,42	15,42	
		14,8985	0,3515		24,11	24,11	24,11	
		15,25	1,2		17,05	17,05	17,05	
		15,25	3,592		0,00	0,00	0,00	
		15,25	3,592		0,00	0,00	0,00	
		15,25	3,592		0,00	0,00	0,00	
	6b	0	0		0,00	0,00	0,00	
		-7,025	0		3,08	3,08	3,08	
		-14,05	0		15,42	15,42	15,42	
		-14,8985	0,3515		24,11	24,11	24,11	
		-15,25	1,2		24,10	24,10	24,10	
		-15,25	-0,984427879		31,32	31,32	31,32	
-15,25	3,592		22,23	22,23	22,23			
-15,25	8,168427879		22,88	22,88	22,88			
				Total Pressure		20,012734	20,01	
				GUI Pressure		20,012734	20,01	
						1,0006367	1,0006367	

Load case	Index	Koordinat		Pressure		Total Pressure	GUI Pressure	
		x	y	Static	Dynamic			
H e a d s e a	Mwv (Sagging)1	0	0		-0,48	-0,48	-0,48	
		7,025	0		-16,32	-16,32	-16,32	
		14,05	0		-25,51	-25,51	-25,51	
		14,8985	0,3515		-21,50	-21,50	-21,50	
		15,25	1,2		-12,20	-12,20	-12,20	
		15,25	7,306258542		-14,46	-14,46	-14,46	
		15,25	8,761		-7,27	-7,27	-7,27	
		15,25	10,21574146		0,00	0,00	0,00	
	2	0	0		3,23	3,23	3,23	
		7,025	0		20,72	20,72	20,72	
		14,05	0		33,76	33,76	33,76	
		14,8985	0,3515		28,74	28,74	28,74	
		15,25	1,2		17,48	17,48	17,48	
		15,25	6,472786061		22,39	22,39	22,39	
		15,25	8,761		11,44	11,44	11,44	
		15,25	11,04921394		0,00	0,00	0,00	
	3	0	0		1,38	1,38	1,38	
		7,025	0		8,88	8,88	8,88	
		14,05	0		14,47	14,47	14,47	
		14,8985	0,3515		11,85	11,85	11,85	
		15,25	1,2		5,83	5,83	5,83	
		15,25	7,99826202		7,61	7,61	7,61	
		15,25	8,761		3,81	3,81	3,81	
		15,25	9,52373798		0,00	0,00	0,00	
	4	0	0		-0,21	-0,21	-0,21	
		7,025	0		-7,00	-7,00	-7,00	
		14,05	0		-10,93	-10,93	-10,93	
		14,8985	0,3515		-8,89	-8,89	-8,89	
		15,25	1,2		-4,07	-4,07	-4,07	
		15,25	8,276086181		-4,85	-4,85	-4,85	
		15,25	8,761		-2,42	-2,42	-2,42	
		15,25	9,245913819		0,00	0,00	0,00	
	B e a m s e a	5a	0	0		4,15	4,15	4,15
			7,025	0		26,64	26,64	26,64
			14,05	0		43,40	43,40	43,40
			14,8985	0,3515		37,18	37,18	37,18
15,25			1,2		23,31	23,31	23,31	
15,25			5,710048081		29,34	29,34	29,34	
15,25			8,761		15,25	15,25	15,25	
15,25			11,81195192		0,00	0,00	0,00	
5b		0	0		4,15	4,15	4,15	
		-7,025	0		26,64	26,64	26,64	
		-14,05	0		43,40	43,40	43,40	
		-14,8985	0,3515		46,92	46,92	46,92	
		-15,25	1,2		58,27	58,27	58,27	
		-15,25	1,133620202		57,96	57,96	57,96	
		-15,25	8,761		38,14	38,14	38,14	
		-15,25	16,9		16,39	16,39	16,39	

O b l i q u e s e a	6a	0	0		2,31	2,31	2,31
		7,025	0		14,80	14,80	14,80
		14,05	0		24,11	24,11	24,11
		14,8985	0,3515		17,05	17,05	17,05
		15,25	1,2		0,00	0,00	0,00
		15,25	8,761		0,00	0,00	0,00
		15,25	8,761		0,00	0,00	0,00
		15,25	8,761		0,00	0,00	0,00
	6b	0	0		2,31	2,31	2,31
		-7,025	0		14,80	14,80	14,80
		-14,05	0		24,11	24,11	24,11
		-14,8985	0,3515		23,54	23,54	23,54
		-15,25	1,2		25,40	25,40	25,40
		-15,25	4,184572121		41,81	41,81	41,81
		-15,25	8,761		22,88	22,88	22,88
-15,25		13,33742788		0,00	0,00	0,00	

Total Pressure		23,07728		23,08
GUI Pressure		23,07728		23,08
		1,153864		1,153864

3.5.4.6 For fatigue strength the dynamic tank pressure amplitude, P_{in-amp} , on a longitudinal tank boundary with adjacent tank full, is to be taken as:

$$P_{in-amp} = f_v |P_{in-v-tk1} - P_{in-v-tk2}| + f_t |f_{ull-t-tk1} P_{in-t-tk1} + f_{ull-t-tk2} P_{in-t-tk2}| + f_{lng} |f_{ull-lng-tk1} P_{in-lng-tk1} - f_{ull-lng-tk2} P_{in-lng-tk2}| \quad \text{kN/m}^2$$

Where:

$P_{in-v-tk1}$ dynamic tank pressure due to vertical acceleration in tank 1, in kN/m^2

$P_{in-v-tk2}$ dynamic tank pressure due to vertical acceleration in tank 2, in kN/m^2

$P_{in-t-tk1}$ dynamic tank pressure due to transverse acceleration in tank 1, in kN/m^2

$P_{in-t-tk2}$ dynamic tank pressure due to transverse acceleration in tank 2, in kN/m^2

$P_{in-lng-tk1}$ dynamic tank pressure due to longitudinal acceleration in tank 1, in kN/m^2

$P_{in-lng-tk2}$ dynamic tank pressure due to longitudinal acceleration in tank 2, in kN/m^2

$f_{ull-t-tk1}$ factor to account for ullage for tank 1, as defined in 3.5.4.5

$f_{ull-t-tk2}$ factor to account for ullage for tank 2, as defined in 3.5.4.5

$f_{ull-lng-tk1}$ factor to account for ullage for tank 1, as defined in 3.5.4.5

$f_{ull-lng-tk2}$ factor to account for ullage for tank 2, as defined in 3.5.4.5

f_v pressure combination factor, as given in Table 7.3.2

f_t pressure combination factor, as given in Table 7.3.2

f_{lng} pressure combination factor, as given in Table 7.3.2

Pressure Combination Factors for Fatigue Strength

Cargo Tank		
f_v	0.9	0.9
f_t	0.9	0.6
f_{lng}	0.4	0.4

$$P_{in-v} = \rho a_v (z_0 - z) \quad \text{in kN/m}^2$$

$$P_{in-t} = f_{ull-t} \rho a_t (y_0 - y) \quad \text{in kN/m}^2$$

$$P_{in-lng} = f_{ull-lng} \rho a_{lng} (x_0 - x) \quad \text{in kN/m}^2$$

$$a_0 = (1.58 \bar{a} + 0.47 C_b) \left(\frac{0.4}{L} + \frac{34}{L} \bar{a} + \frac{600}{L^2} \sum \bar{a} \right)$$

$$a_v = f_{prob} \sqrt{a_{heave}^2 + a_{pitch-z}^2 + a_{roll-z}^2} \quad \text{m/s}^2$$

a_{heave} vertical acceleration due to heave, is to be taken as:
 $= f_v a_0 g \quad \text{m/s}^2$

$a_{pitch-z}$ vertical acceleration due to pitch, is to be taken as:
 $= 0.3 + \frac{L}{325} \sum \frac{\beta^2 \bar{a}}{\bar{a}_{pitch}} \sum x \bar{a} \leq 0.45L \quad \text{m/s}^2$

a_{roll-z} vertical acceleration due to roll, is to be taken as:
 $= 1.2 \sum \frac{\beta^2 \bar{a}}{\bar{a}_{roll}} \sum |y| \quad \text{m/s}^2$

av	4.90	m/s ²
at	2.20	m/s ²
along	0.81	m/s ²

ρ 1.025 ballast

ρ 0.9 oil

Tank 1		
Location	z0-z	P in-v
Bottom	17.34	76.48
Bottom	17.34	87.10

oil
ballast

Tank 2		
Location	z0-z	P in-v
Bottom	17.12	75.51
Bottom	17.12	86.00

oil
ballast

Tank 1		
bfs	=	14.40
fprob	=	0.50
e	=	0.44
hroll	=	1.59
full-t	=	5.97
full-t	=	1.00
y0-y	=	7.20
P in-t		14.28
P in-t		16.27

oil
ballast

Tank 2		
bfs	=	8.05
fprob	=	0.50
e	=	0.44
hroll	=	0.89
full-t	=	10.16
full-t	=	1.00
y0-y	=	4.03
P in-t		7.98
P in-t		9.09


oil
ballast

Tank 1		
lfs	=	76.00
fprob	=	0.50
ϕ	=	0.20
h pitch	=	3.85
full-Ing	=	2.75
full-Ing	=	1.00
x0-x	=	38.00
P in-Ing		27.57
P in-Ing		31.40

Tank 2		
lfs	=	76.00
fprob	=	0.50
ϕ	=	0.20
h pitch	=	3.85
full-Ing	=	2.72
full-Ing	=	1.00
x0-x	=	38.00
P in-Ing		27.57
P in-Ing		31.40

P _{in-v}		P _{in-t}		P _{in-Ing}		Pressure Combination		Pin-amp (kN/m ²)
Tank 1	Tank 2	Tank 1	Tank 2	Tank 1	Tank 2			
76.48	75.51	14.28	7.98	27.57	27.57	f _v	0.9	20.0127
						f _t	0.9	
						f _{Ing}	0.4	

P _{in-v}		P _{in-t}		P _{in-Ing}		Pressure Combination		Pin-amp (kN/m ²)
Tank 1	Tank 2	Tank 1	Tank 2	Tank 1	Tank 2			
87.10	86.00	16.27	9.09	31.40	31.40	f _v	0.9	23.0773
						f _t	0.6	
						f _{Ing}	0.4	

 ITS Institut Teknologi Sepuluh Nopember	TESIS WAHYU ADE SAPUTRA		Main Dimension	
	Nama kapal	: 36000 DWT	L =	167,81 m
	Type kapal	: OIL TANKER	H =	16,9 m
	Sistem konstruksi	: MEMANJANG	B =	30,5 m
	CSR Oil Tanker 2006		T =	10,8 m
Bagian	PERHITUNGAN BEBAN		Halaman :	
	Perhitungan / Uraian		Hasil	

Wave Characteristic - North Sea

Kurun Waktu (tahun)	Hs (m)
10	10,46
50	11,67
100	12,18

Wave Characteristic - Bali

Location			Bali	
Water Depth			m	
Return Period			1	100
Metocean Parameter	Symbol	Unit		
Wave Height				
Maximum wave height	Hmax	m	2,18	
Maximum wave period	Tmax	s	19,3	
Significant wave height	Hs	m	1,19	
Significant wave period	Ts	s	13,2	
Minimum wave height	Hmin	m	0,61	
Minimum wave period	Tmin	s	8,9	

BAB	Ps	Ayat	
7	3	3.2.1	<p>3.3 Ship Accelerations</p> <p>3.3.1 General</p> <p>3.3.1.1 The envelope values for combined translatory accelerations due to motion in six degrees of freedom are given. The transverse and longitudinal components of acceleration include the component of gravity due to roll and pitch.</p> <p>3.3.2 Common acceleration parameter</p> <p>3.3.2.1 The common acceleration parameter, a_0, is to be taken as:</p> $a_0 = (1.88 - 0.47C_b) \left(\frac{2.4}{\sqrt{L}} + \frac{34}{L} - \frac{600}{L^2} \right)$ <p>Where:</p> <p>C_b block coefficient, as defined in Section 4/1.1.9.1</p> <p>L rule length, in m, as defined in Section 4/1.1.1.1</p> <p>$C_b = 0,78$</p> <p>$\frac{2.4}{\sqrt{L}} = 0,185269$</p> <p>$\frac{34}{L} = 0,20261$</p> <p>$\frac{600}{L^2} = 0,021307$</p> <p>$a_0 = 0,44$</p>
	3	3.3.1	<p>3.3.3 Vertical acceleration</p> <p>3.3.3.1 The envelope vertical acceleration, a_v, at any position, is to be taken as:</p> $a_v = f_{prob} \sqrt{a_{heave}^2 + a_{pitch-z}^2 + a_{roll-z}^2} \quad \text{m/s}^2$ <p>Where:</p> <p>a_{heave} vertical acceleration due to heave, is to be taken as:</p> $= f_v a_0 g \quad \text{m/s}^2$ <p>$a_{pitch-z}$ vertical acceleration due to pitch, is to be taken as:</p> $= \left(0.3 + \frac{L}{325} \right) \varphi \left(\frac{2\pi}{U_{pitch}} \right)^2 x - 0.45L \quad \text{m/s}^2$ <p>a_{roll-z} vertical acceleration due to roll, is to be taken as:</p> $= 1.2\theta \left(\frac{2\pi}{U_{roll}} \right)^2 y \quad \text{m/s}^2$ <p>a_0 common acceleration parameter, as defined in 3.3.2.1</p> <p>g acceleration due to gravity, 9.81m/s²</p> <p>φ pitch angle, in rads, as defined in 3.2.3.2</p> <p>U_{pitch} pitch period, in secs, as defined in 3.2.3.1</p> <p>L rule length, in m, as defined in Section 4/1.1.1.1</p> <p>θ roll angle, in rads, as defined in 3.2.2.2</p> <p>U_{roll} roll period, in secs, as defined in 3.2.2.1</p> <p>x longitudinal coordinate, in m</p> <p>y transverse coordinate, in m</p> <p>f_{prob} as defined in 3.3.3.2 and 3.3.3.3 as appropriate</p> <p>f_v as defined in 3.3.3.2 and 3.3.3.3 as appropriate</p> <p>2 For scantling requirements and strength assessment:</p> <p>f_{prob} is to be taken as 1.0</p> <p>f_v is to be taken as 1.0</p>

3 For fatigue strength:

$$f_{prob} \text{ is to be taken as } 0.45$$

$$f_v = \left(\frac{C_{b-LC}}{C_b} \right)^2 \left(1.2 - \frac{L}{1000} \right)$$

Where:

C_{b-LC} block coefficient for considered loading condition

C_b block coefficient, as defined in Section 4/1.1.9.1

L rule length, in m, as defined in Section 4/1.1.1.1

	0.9 Tsc < TLc < Tsc	0.6 Tsc	
f_v	1,00	1,00	
ao	0,44	0,44	
g	9,81	9,81	
a heave	4,36	4,36	
π	3,14	3,14	
Upitch	33,14	19,89	
x	83,91	83,91	m
ϕ	0,20	0,20	
a pitch-z	0,05	0,14	
Uroll	12,83	10,37	
e	0,44	0,47	
y	16,90	16,90	
a roll-z	2,14	3,49	
av	4,86	5,59	m/s ²

3.5.4 Dynamic tank pressure

3.5.4.1 The envelope dynamic tank pressure, P_{m-v} , due to vertical tank acceleration is to be taken as:

$$P_{m-v} = \rho \omega_z (z_0 - z) \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{for strength assessment and scantling requirements}$$

$$P_{m-v} = \rho \omega_z |z_0 - z| \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{for fatigue strength}$$

Where:

ρ density of liquid in the tank, in tonnes/m³, and is not to be taken as less than:
0.9 for cargo tanks for fatigue strength
1.025 otherwise,
see Section 2/3.1.8

ω_z envelope vertical acceleration, in m/s², as defined in 3.3.3.1, and is to be taken at tank centre of gravity

z vertical coordinate of load point, in m

z_0 vertical coordinate of reference point, see 0.3.1 for scantling requirements and strength assessment, and 3.5.4.2 for fatigue strength, in m

		0.9 Tsc < TLc < Tsc	0.6 Tsc
Location	z [m]	P in-v	P in-v
Bottom	17,34	75,84	87,24
Bilge	16,98	74,27	85,43
Side	8,19	35,82	41,21

3.5.4.2 The envelope dynamic tank pressure, P_{m-v} , due to transverse acceleration is to be taken as:

$$P_{m-v} = f_{u,v} \rho \omega_x (y_0 - y) \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{for strength assessment and scantling requirements}$$

$$P_{m-v} = \rho \omega_x |y_0 - y| \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{for fatigue strength}$$

Where:

ρ density of liquid in the tank, in tonnes/m³, and is not to be taken as less than:
0.9 for cargo tanks for fatigue strength
1.025 otherwise,
see Section 2/3.1.8

$f_{u,v}$ factor to account for ullage in cargo tanks, and is to be taken as:
0.67 for cargo tanks, including cargo tanks designed for filling with water ballast
1.0 for ballast and other tanks

ω_x envelope transverse acceleration, in m/s², as defined in 3.3.4.1, and is to be taken at tank centre of gravity

y transverse coordinate of load point, in m

7

3

5.4.1

7

3

5.4.2

strongm, in m

3.3.4 Transverse acceleration

3.3.4.1 The envelope transverse acceleration, a_t , at any position, is to be taken as:

$$a_t = f_{prob} \sqrt{a_{sway}^2 + (g \sin \theta + a_{roll-y})^2} \quad \text{m/s}^2$$

Where:

a_{sway} transverse acceleration due to sway and yaw, is to be taken as:
 $= 0.3 g a_0 \quad \text{m/s}^2$

a_{roll-y} transverse acceleration due to roll, is to be taken as:
 $= \theta \left(\frac{2\pi}{U_{roll}} \right)^2 R_{roll} \quad \text{m/s}^2$

θ roll angle, in rads, as defined in 3.2.2.2

U_{roll} roll period, in secs, as defined in 3.2.2.1

$R_{roll} = z - \left(\frac{D}{4} + \frac{T_{LC}}{2} \right)$ or $z - \left(\frac{D}{2} \right)$, whichever is the greater, in m

g acceleration due to gravity, 9.81 m/s²

a_0 common acceleration parameter, as defined in 3.3.2.1

T_{LC} draught in the loading condition being considered, in m

D moulded depth, as defined in Section 4/1.1.1

z vertical coordinate, in m

f_{prob} as defined in 3.3.4.2 or 3.3.4.3 as appropriate

3.3.4.2 For scantling requirements and strength assessment:

f_{prob} is to be taken as 1.0

3.3.4.3 For fatigue strength:

f_{prob} is to be taken as 0.5



TESIS WAHYU ADE SAPUTRA

Main Dimension

Nama kapal : 36000 DWT
 Type kapal : OIL TANKER
 Sistem konstruksi : MEMANJANG

L = 167,81 m
 H = 16,90 m
 B = 30,50 m
 T = 10,80 m

CSR Oil Tanker 2006

PERHITUNGAN BEBAN

Halaman :

Perhitungan / Uraian

Hasil

0.9 Tsc < TLc < Tsc 0.6 Tsc

a0	0,44	0,44
g	9,81	9,81
asway	1,31	1,31
e	0,44	0,47
π	3,14	3,14
Uroll	12,83	10,37
z	8,67	8,67
Tlc	8,98	5,39
D	16,90	16,90
Rroll	0,22	1,75
fprob	0,21	0,21
aroll-y	0,02	0,30
sin θ	0,43	0,45
at	0,92	1,02
ρ	0,90	0,90

0,51

0.9 Tsc < TLc < Tsc 0.6 Tsc

Location	y [m]	P in-t	P in-t	
Bottom	17,34	14,32	15,99	Center tank
L. Bulkh	8,67	7,16	8,00	
Bottom	17,12	14,14	15,79	Side tank
Bilge	16,77	13,85	15,47	
Side	7,97	6,58	7,35	
L. Bulkh	8,45	6,98	7,79	

3.3.5 Longitudinal acceleration

3.3.5.1 The envelope longitudinal acceleration, a_{long} , at any position, is to be taken as:

$$a_{long} = 0,7 f_{prob} \sqrt{a_{surge}^2 + \left(\frac{L}{325} (g \sin \phi + a_{pitch-x}) \right)^2} \quad \text{m/s}^2$$

Where:

a_{surge} longitudinal acceleration due to surge, is to be taken as:
 $= 0,2 g a_0 \quad \text{m/s}^2$

$a_{pitch-x}$ longitudinal acceleration due to pitch, is to be taken as:
 $= f_{vp} \varphi (2\pi / U_{pitch})^2 R_{pitch} \quad \text{m/s}^2$

φ pitch angle, in rads, as defined in 3.2.3.2

U_{pitch} pitch period, in secs, as defined in 3.2.3.1

R_{pitch} pitch radius and is to be taken as the greater of

$z - \left(\frac{D}{4} + \frac{T_{LC}}{2} \right)$ or $z - \left(\frac{D}{2} \right)$, in m

g acceleration due to gravity, 9.81 m/s²



D moulded depth, in m, as defined in Section 4/1.1.4.1
 L rule length, in m, as defined in Section 4/1.1.1.1
 z vertical coordinate, in m

TESIS WAHYU ADE SAPUTRA

Nama kapal : 36000 DWT
 Type kapal : OIL TANKER
 Sistem konstruksi : MEMANJANG

Main Dimension

$L = 167,81$ m
 $H = 16,90$ m
 $B = 30,50$ m
 $T = 10,80$ m

PERHITUNGAN BEBAN

Halaman :

Perhitungan / Uraian

Hasil

0.9 Tsc < TLc < Tsc 0.6 Tsc

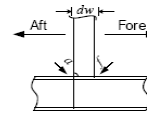
a0	0,44	0,44
g	9,81	9,81
asurge	0,87	0,87
fv	1,70	1,70
ϕ	0,20	0,20
Upitch	33,14	19,89
z	9,67	9,67
D	16,90	16,90
TLc	8,98	5,39
R pitch	1,22	2,75
π	3,14	3,14
a pitch-x	0,01	0,09
fprob	0,21	0,21
ϵ	0,44	0,47
sin ϵ	0,43	0,45
aling	0,34	0,36
ρ	0,90	0,90

0.9 Tsc < TLc < Tsc 0.6 Tsc

Location	x0-x [m]	P in-Ing	P in-Ing
RM 2	11,40	3,50	3,74
RM 3	38,00	11,66	12,46
RM 4	64,60	19,81	21,18

Principle Dimensions

Length (konstruksi)	=	167.81	[m]
Breadth (B)	=	30.50	[m]
Depth (H)	=	15.60	[m]
Draft Designed (t _d)	=	8.98	[m]



NL	65279065.2
f ₀	0.74
U (sec)	3.31E+01
α _r	0.44
m	3
K ₂	4.30E+11
N _h	10000
Δm	2
Sq (N/mm ²)	35

f _{weibull}	1.1
ξ	1.12
1+m/ξ	3.67
1+(m+Δm)/ξ	5.45
r (1+m/ξ)	3.9814

Fatigue life	Antara pembujur sisi & web transverse	31.9	tahun
--------------	---------------------------------------	------	-------

Cipe Sambungan	yssc zoint	Mass	SCF		
			Kgl	Kgh	K
f	F	F	1.1	1.05	1.8797625
a	F2				

T/B	0.488525
A/D	0.192308

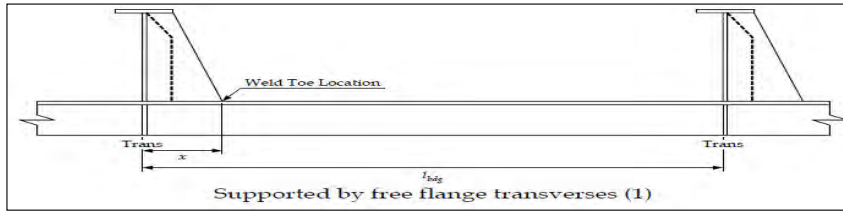
Stress FEA			
------------	--	--	--

A	3.00	T	14.9
I	7.20E+11	I	4.04E+11
vna	8.61E+13	vna	8.61E+13
AI	6651.06		
Acritical area	3000		
	2.36E+10		5.78E+09
sigma	30.52	sigma	69.97
*ertical stress range	61.04	horiAontal stress range	139.95

	Load Mse	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1- S* N/mm ²	f1- Sh N/mm ²		
F M	1 & 2	8	-41	74	x16	8.2	96.5	20.340	x12.096
	3 & 4	8	-22	74	x7	8.2	96.5	6.710	x4.016
	5A & 5B	14	30	74	22	8.2	96.5	27.570	x64.162
	6A & 6B	10	22	74	16	8.2	96.5	35.864	0.000
B M	1 & 2	10	-26	67	x8	40.0	56.074	14.234	x8.572
	3 & 4	-9	-23	67	x16	40.0	56.074	4.670	x2.842
	5A & 5B	13	27	67	20	40.0	56.074	39.204	x19.106
	6A & 6B	10	-50	67	x20	40.0	56.074	26.744	0.000

	Load Mse	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1- S* N/mm ²	f1- Sh N/mm ²		
F M	1 & 2	19	-81	74	x11	8.2	96.5	20.340	x12.096
	3 & 4	-8	-43	74	x26	8.2	96.5	6.710	x4.016
	5A & 5B	28	60	74	44	8.2	96.5	27.570	x64.162
	6A & 6B	20	-66	74	x23	8.2	96.5	35.864	0.000
B M	1 & 2	10	-78	67	x4	40.0	56.074	14.234	x8.572
	3 & 4	9	-47	67	x19	40.0	56.074	4.670	x2.842
	5A & 5B	13	54	67	33	40.0	56.074	39.204	x19.106
	6A & 6B	10	30	67	30	40.0	56.074	26.744	0.000

	Load Mse	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1- S* N/mm ²	f1- Sh N/mm ²		
F M	1 & 2	8	-81	74	x17	8.2	96.5	20.340	x12.096
	3 & 4	8	-22	74	x7	8.2	96.5	6.710	x4.016
	5A & 5B	14	60	74	37	8.2	96.5	27.570	x64.162
	6A & 6B	10	44	74	27	8.2	96.5	35.864	0.000
B M	1 & 2	19	-52	67	x16	40.0	56.074	14.234	x8.572
	3 & 4	-9	-23	67	x16	40.0	56.074	4.670	x2.842
	5A & 5B	26	27	67	26	40.0	56.074	39.204	x19.106
	6A & 6B	10	-25	67	x7	40.0	56.074	26.744	0.000



	f1	f2	f3	f4
ai	x0.29	x0.47	0.14	0
bi	0.19	0.78	0.92	0
ai	x1.48	0.5	x0.64	0.72
bi	0.94	0.4	0.72	0.04

0.1342308	0.6896154	0.9469231	0
0.6553846	0.4961538	0.5969231	0.178462

s	0.8	m
l	3.8	m
fdg	0.5	m
cs	0.7	m
sigma Tield	235	m
Kd	1.3	m

800.0	mm
14.44	m2
82.25	m2

lbig	3.8	m
bg	4.6875	mm
bf	100	mm
W	0.90625	mm
tfnet60	9	mm
hstf	9	mm
twnet60	220	mm
tpnet60	11.37	mm
s	800	mm
lambda	451100.20	mm
Z	0.429	mm
dw	220	mm
Kd	1.55	mm
beta	0.7344	m
rp	0.06	m

profil 220 beta 10 Hz tnet = 9.47

Nama bagian	Jml	Lebar (mm) [b]	Tinggi (mm) [h]
220 beta 10 Hz x n et	1	220	9.47

zeβamp	Se											Si			
	l		ϕhet50		σ	Kn2	β2ye	Se 2 sigma ye	f- Se	zinamp			l		ϕhet50
	kNm	Nmm	mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3			
8.2	7935.90	7.94E+09	1.16E+09	1.16E+06	2.30E03	1.35	12.04	24.077	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09
2.7	2593.42	2.59E+09	3.78E+08	3.78E+05	7.04E03	1.35	12.02	24.037	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09
x86.6	x85225.90	x8.52E+10	x5.14E+09	x5.14E+06	x5.18E04	1.35	12.05	24.101	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09
35.9	34525.08	3.45E+10	5.04E+09	5.04E+06	5.28E04	1.35	12.05	24.092	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09
5.7	5450.62	5.45E+09	7.95E+08	7.95E+05	3.35E03	1.35	12.03	24.068	17.206	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09
1.8	1759.41	1.76E+09	2.57E+08	2.57E+05	1.04E02	1.35	12.00	24.009	17.163	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09
20.1	19347.67	1.93E+10	2.82E+09	2.82E+06	9.43E04	1.35	12.04	24.089	17.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09
26.7	25745.56	2.57E+10	3.76E+09	3.76E+06	7.09E04	1.35	12.05	24.091	17.222	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09

zeβamp	Se											Si			
	l		ϕhet50		σ	Kn2	β2ye	Se 2 sigma ye	f- Se	zinamp			l		ϕhet50
	kNm	Nmm	mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3			
8.2	7935.90	7.94E+09	1.16E+09	1.16E+06	2.30E03	1.35	12.04	24.077	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09
2.7	2593.42	2.59E+09	3.78E+08	3.78E+05	7.04E03	1.35	12.02	24.037	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09
x86.6	x85225.90	x8.52E+10	x5.14E+09	x5.14E+06	x5.18E04	1.35	12.05	24.101	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09
35.9	34525.08	3.45E+10	5.04E+09	5.04E+06	5.28E04	1.35	12.05	24.092	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09
5.7	5450.62	5.45E+09	7.95E+08	7.95E+05	3.35E03	1.35	12.03	24.068	17.206	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09
1.8	1759.41	1.76E+09	2.57E+08	2.57E+05	1.04E02	1.35	12.00	24.009	17.163	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09
20.1	19347.67	1.93E+10	2.82E+09	2.82E+06	9.43E04	1.35	12.04	24.089	17.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09
26.7	25745.56	2.57E+10	3.76E+09	3.76E+06	7.09E04	1.35	12.05	24.091	17.222	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09

zeβamp	Se											Si			
	l		ϕhet50		σ	Kn2	β2ye	Se 2 sigma ye	f- Se	zinamp			l		ϕhet50
	kNm	Nmm	mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3			
8.2	7935.90	7.94E+09	1.16E+09	1.16E+06	2.30E03	1.35	12.04	24.077	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09
2.7	2593.42	2.59E+09	3.78E+08	3.78E+05	7.04E03	1.35	12.02	24.037	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09
x86.6	x85225.90	x8.52E+10	x5.14E+09	x5.14E+06	x5.18E04	1.35	12.05	24.101	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09
35.9	34525.08	3.45E+10	5.04E+09	5.04E+06	5.28E04	1.35	12.05	24.092	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09
5.7	5450.62	5.45E+09	7.95E+08	7.95E+05	3.35E03	1.35	12.03	24.068	17.206	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09
1.8	1759.41	1.76E+09	2.57E+08	2.57E+05	1.04E02	1.35	12.00	24.009	17.163	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09
20.1	19347.67	1.93E+10	2.82E+09	2.82E+06	9.43E04	1.35	12.04	24.089	17.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09
26.7	25745.56	2.57E+10	3.76E+09	3.76E+06	7.09E04	1.35	12.05	24.091	17.222	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09

$1+m/\xi$	3.67
$1+(m+\Delta m)/\xi$	5.45

Fatigue Damage (D)
Palmgren - Miner's
Weibull Distribution

$$DM = \frac{\alpha_i \cdot N_L}{K_2} \frac{S_{Ri}^m}{(\ln N_{Ri})^{m/\xi}} \mu_i \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right)$$

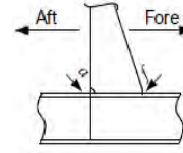
cm ³	σ	Kn2	σ_{2yi}	Se 2 sigma yi	f- Se	s tensile	s compression	Sri	δ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m+\Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
4.98E+06	5.35E04	1.35	12.05	24.092	0.0	21	s63	52.97487	5.78279	1.75	13.428	0.70858	0.07518
4.98E+06	5.35E04	1.35	12.05	24.092	0.0	30	s44	56.69284	5.35867	1.75	13.428	0.7301	0.09495
2.81E+06	9.47E04	1.35	12.04	24.089	0.0	59	s15	68.24439	4.35124	1.52	8.908	0.7813	0.17722
2.81E+06	9.47E04	1.35	12.04	24.089	0.0	53	s21	65.86257	4.52834	1.524	8.908	0.76911	0.15682
5.74E+06	4.64E04	1.35	12.05	24.093	1.102	25	s12	50.08396	6.15894	1.751	13.428	0.6926	0.0621
5.74E+06	4.64E04	1.35	12.05	24.093	1.102	17	s0	46.78875	6.64811	1.94	19.848	0.68353	0.04997
3.24E+06	8.21E04	1.35	12.04	24.090	1.102	53	s13	61.34637	4.90436	1.523	8.908	0.74925	0.12345
3.24E+06	8.21E04	1.35	12.04	24.090	1.102	14	s3	45.49269	6.86117	1.876	17.158	0.66839	0.04491
0.784603													

cm ³	σ	Kn2	σ_{2yi}	Se 2 sigma yi	f- Se	s tensile	s compression	Sri	δ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m+\Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
4.98E+06	5.35E04	1.35	12.05	24.092	0.0	6	s68	47.11272	6.59679	1.75	13.428	0.67761	0.05057
4.98E+06	5.35E04	1.35	12.05	24.092	0.0	12	s63	49.19766	6.28368	1.876	17.159	0.69206	0.05881
2.81E+06	9.47E04	1.35	12.04	24.089	0.0	81	7	77.06427	3.79609	1.154	17.3847701	1.11598	0.36452
2.81E+06	9.47E04	1.35	12.04	24.089	0.0	14	s60	50.39339	6.11649	1.75	13.428	0.6945	0.06343
5.74E+06	4.64E04	1.35	12.05	24.093	1.102	x1	s67	39.70768	7.99336	1.94	19.848	0.63574	0.02841
5.74E+06	4.64E04	1.35	12.05	24.093	1.102	14	s62	45.73897	6.8197	1.876	17.159	0.66991	0.04575
3.24E+06	8.21E04	1.35	12.04	24.090	1.102	67	0	66.72249	4.46285	1.52	8.908	0.77411	0.16411
3.24E+06	8.21E04	1.35	12.04	24.090	1.102	63	s8	65.34298	4.5688	1.524	8.908	0.76672	0.15267
0.928263													

cm ³	σ	Kn2	σ_{2yi}	Se 2 sigma yi	f- Se	s tensile	s compression	Sri	δ_i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m+\Delta m}{\xi}, v_i\right)$	$\mu_i =$	D
4.98E+06	5.35E04	1.35	12.05	24.092	0.0	1	s74	44.8543	6.97093	1.876	17.159	0.66451	0.0428
4.98E+06	5.35E04	1.35	12.05	24.092	0.0	30	s44	56.69284	5.35867	1.75	13.428	0.7301	0.09495
2.81E+06	9.47E04	1.35	12.04	24.089	0.0	74	0	74.22204	3.95971	1.154	4.434	0.80617	0.23525
2.81E+06	9.47E04	1.35	12.04	24.089	0.0	64	s10	70.22362	4.21377	1.524	8.908	0.78989	0.19522
5.74E+06	4.64E04	1.35	12.05	24.093	1.102	17	s60	46.81625	6.64372	1.75	13.428	0.67614	0.04951
5.74E+06	4.64E04	1.35	12.05	24.093	1.102	17	s60	46.78875	6.64811	1.94	19.848	0.68353	0.04997
3.24E+06	8.21E04	1.35	12.04	24.090	1.102	60	s7	63.94278	4.6813	1.524	8.908	0.76039	0.14188
3.24E+06	8.21E04	1.35	12.04	24.090	1.102	26	s11	50.45526	6.10807	1.75	13.428	0.69482	0.06369
0.873265													

Principle Dimensions

Length (konstruksi)	=	167.81	[m]
Breadth (B)	=	30.50	[m]
Depth (H)	=	15.60	[m]
Draft Designed (t _d)	=	8.98	[m]



NL	65279065.2
f ₀	0.74
U (sec)	3.31E+01
α ₁	0.44
m	3
K ₂	4.30E+11
N _R	10000
Δm =	2
Sq (N/mm ²)	35

f _{weibull}	1.1
ξ	1.12
1+m/ξ	3.67
1+(m+Δm)/ξ	5.45
Γ(1+m/ξ)	3.9814

Fatigue life	Antara pembujur sisi & web transverse	25.1	tahun
--------------	---------------------------------------	------	-------

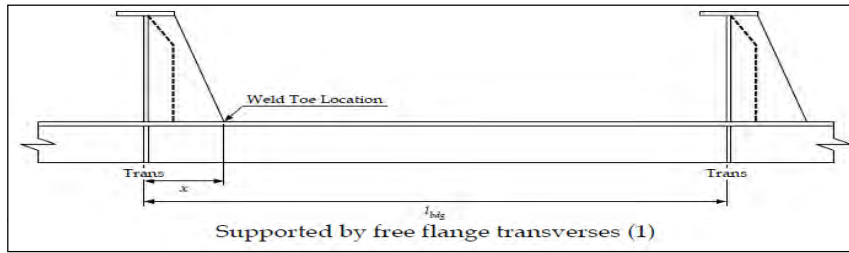
Tipe Sambungan	Assess Point	Class	SCF		
			Kgl	Kgh	K
	f	F	1.05	1.05	1.9679625
	a	F2			

y/B	0.24918
z/D	0.141026

Stress FEA				z	2.20	y	7.6	
				M	7.20E+11	M	4.04E+11	
				Ina	8.61E+13	Ina	8.61E+13	
				z1	6651.06			
				z critical area	2200			
					1.93E+10		1.13E+10	
				sigma	37.21	sigma	35.69	
				vertical stress range	74.42	horizontal stress range	71.38	
Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²		f1*Sh N/mm ²	
F C	1 & 2	-8	-41	90	-25	68.1	32.6	20.340
	3 & 4	-7	-29	90	-18	68.1	32.6	6.710
	5A & 5B	-13	-29	90	-8	68.1	32.6	27.570
	6A & 6B	-12	23	90	5	68.1	32.6	35.864
B C	1 & 2	-9	30	68	10	72.3	7.321	14.234
	3 & 4	-8	-25	68	-16	72.3	7.321	4.670
	5A & 5B	-13	-34	68	-23	72.3	7.321	39.204
	6A & 6B	-9	36	68	14	72.3	7.321	26.744

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²		f1*Sh N/mm ²	
F C	1 & 2	17	82	112	49	68.1	32.6	20.340
	3 & 4	13	-58	112	-22	68.1	32.6	6.710
	5A & 5B	-25	-58	112	-42	68.1	32.6	27.570
	6A & 6B	24	45	112	35	68.1	32.6	35.864
B C	1 & 2	-19	-60	84	-39	72.3	7.321	14.234
	3 & 4	-8	-50	84	-29	72.3	7.321	4.670
	5A & 5B	-13	-67	84	-40	72.3	7.321	39.204
	6A & 6B	9	-36	84	-14	72.3	7.321	26.744

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²		f1*Sh N/mm ²	
F C	1 & 2	-8	-41	112	-25	68.1	32.6	20.340
	3 & 4	-7	-58	112	-32	68.1	32.6	6.710
	5A & 5B	-13	-58	112	-23	68.1	32.6	27.570
	6A & 6B	-12	-45	112	-29	68.1	32.6	35.864
B C	1 & 2	-9	30	84	10	72.3	7.321	14.234
	3 & 4	-8	-25	84	-16	72.3	7.321	4.670
	5A & 5B	-13	-34	84	-23	72.3	7.321	39.204
	6A & 6B	-9	36	84	14	72.3	7.321	26.744



	f1	f2	f3	f4
ai	-0.6	0.4	0	1.1
bi	1	0.4	0	0.05
ai	-0.2	1.3	0	0
bi	1	0.1	0	0

0.9153846	0.4564103	0	0.205128
0.9717949	0.2833333	0	0

s	0.8	m
l	3.8	m
fbdg	0.5	
cs	0.7	
sigma yield	235	
Kd	1.3	

800.0	mm
14.44	m2
82.25	

lbig	3.8	m
bg	4.6875	mm
bf	100	mm
β	0.90625	
tfnet-50	9	mm
hstf	9	mm
twnet-50	220	mm
tpnet-50	11.37	mm
s	800	mm
η	451100.20	
λ	0.429	
dw	220	mm
Kd	1.7	
x	0.7344	m
rp	0.06	

profil 220 x 10 HP

Nama bagian	Jml
	[n]
220 x 10 HP - Web	1

Se													Si			
Pex-amp	M		Znet50		ψ	Kn2	α2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		Znet50	
	kNm	Nmm	mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3				
12.096	32.4	31224.73	3.12E+10	4.56E+09	4.56E+06	5.84E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09
4.016	10.7	10325.56	1.03E+10	1.51E+09	1.51E+06	1.77E-03	1.35	12.04	24.082	0.0	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09
64.162	91.7	88307.34	8.83E+10	1.29E+10	1.29E+07	2.07E-04	1.35	12.05	24.095	0.0	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09
0.000	35.9	34525.08	3.45E+10	5.04E+09	5.04E+06	5.28E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09
8.572	22.8	21954.58	2.20E+10	3.20E+09	3.20E+06	8.31E-04	1.35	12.04	24.090	0.000	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09
2.842	7.5	7231.21	7.23E+09	1.06E+09	1.06E+06	2.52E-03	1.35	12.04	24.075	0.000	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09
19.106	58.3	56133.09	5.61E+10	8.19E+09	8.19E+06	3.25E-04	1.35	12.05	24.094	0.000	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09
0.000	26.7	25745.56	2.57E+10	3.76E+09	3.76E+06	7.09E-04	1.35	12.05	24.091	0.000	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09

Pex-amp	M		Znet50		ψ	Kn2	α2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		Znet50	
	kNm	Nmm	mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3				
12.096	32.4	31224.73	3.12E+10	4.56E+09	4.56E+06	5.84E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09
4.016	10.7	10325.56	1.03E+10	1.51E+09	1.51E+06	1.77E-03	1.35	12.04	24.082	0.0	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09
64.162	91.7	88307.34	8.83E+10	1.29E+10	1.29E+07	2.07E-04	1.35	12.05	24.095	0.0	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09
0.000	35.9	34525.08	3.45E+10	5.04E+09	5.04E+06	5.28E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09
8.572	22.8	21954.58	2.20E+10	3.20E+09	3.20E+06	8.31E-04	1.35	12.04	24.090	0.000	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09
2.842	7.5	7231.21	7.23E+09	1.06E+09	1.06E+06	2.52E-03	1.35	12.04	24.075	0.000	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09
19.106	58.3	56133.09	5.61E+10	8.19E+09	8.19E+06	3.25E-04	1.35	12.05	24.094	0.000	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09
0.000	26.7	25745.56	2.57E+10	3.76E+09	3.76E+06	7.09E-04	1.35	12.05	24.091	0.000	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09

Pex-amp	M		Znet50		ψ	Kn2	α2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		Znet50	
	kNm	Nmm	mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3				
12.096	32.4	31224.73	3.12E+10	4.56E+09	4.56E+06	5.84E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09
4.016	10.7	10325.56	1.03E+10	1.51E+09	1.51E+06	1.77E-03	1.35	12.04	24.082	0.0	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09
64.162	91.7	88307.34	8.83E+10	1.29E+10	1.29E+07	2.07E-04	1.35	12.05	24.095	0.0	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09
0.000	35.9	34525.08	3.45E+10	5.04E+09	5.04E+06	5.28E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09
8.572	22.8	21954.58	2.20E+10	3.20E+09	3.20E+06	8.31E-04	1.35	12.04	24.090	0.000	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09
2.842	7.5	7231.21	7.23E+09	1.06E+09	1.06E+06	2.52E-03	1.35	12.04	24.075	0.000	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09
19.106	58.3	56133.09	5.61E+10	8.19E+09	8.19E+06	3.25E-04	1.35	12.05	24.094	0.000	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09
0.000	26.7	25745.56	2.57E+10	3.76E+09	3.76E+06	7.09E-04	1.35	12.05	24.091	0.000	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09

Principle Dimensions

Length (kor)	=	167.81	[m]
Breadth (B)	=	30.50	[m]
Depth (H)	=	15.60	[m]
Draft Desig	=	8.98	[m]



NL	65279065.2
f ₀	0.74
U (sec)	3.31E+01
α ₁	0.44
m	3
K ₂	4.30E+11
N _R	10000
Δm =	2
Sq (N/mm ²)	35

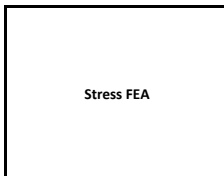
f _{weibull}	1.1
ξ	1.12
1+m/ξ	3.67
1+(m+Δm)/ξ	5.45
f (1+m/ξ)	3.9814

Fatigue life	Frame 65	28.6	tahun
	Frame 58	32.1	tahun
	Frame 51	38.1	tahun

Kategori Sambung	Assess Point	Class	SCF		
			Kgl	Kgh	K
	f	F	1.05	1.05	1.2155063
	a	F2			

ai
bi
ai
bi

y/B	0.488525
z/D	0.192308



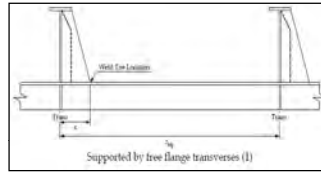
z	3.00	y	14.9
M	7.20E+11	M	4.04E+11
lna	8.61E+13	lna	8.61E+13
z1	6651.06		
z critical area	3000		
	2.36E+10		5.78E+09
sigma	30.52	sigma	69.97
vertical stress range	61.04	horizontal stress range	139.95

s	0.8
l	3.8
fdg	0.5
cs	0.7
sigma yield	235
Kd	1.15

	Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Pex-amp			M	
								kNm	Nmm			
F	1 & 2	5	-26	73	-10	8.2	96.5	20.340	12.096	32.4	31224.73	3.12E+10
	3 & 4	5	-14	73	-5	8.2	96.5	6.710	4.016	10.7	10325.56	1.03E+10
	5A & 5B	9	39	73	24	8.2	96.5	27.570	64.162	91.7	88307.34	8.83E+10
	6A & 6B	25	28	73	26	8.2	96.5	35.864	0.000	35.9	34525.08	3.45E+10
B	1 & 2	6	-34	65	-14	40.0	56.074	14.234	8.572	22.8	21954.58	2.20E+10
	3 & 4	-6	-15	65	-11	40.0	56.074	4.670	2.842	7.5	7231.21	7.23E+09
	5A & 5B	17	35	65	26	40.0	56.074	39.204	19.106	58.3	56133.09	5.61E+10
	6A & 6B	13	-16	65	-1	40.0	56.074	26.744	0.000	26.7	25745.56	2.57E+10

	Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Pex-amp			M	
								kNm	Nmm			
F	1 & 2	21	-79	73	-29	8.2	96.5	20.340	12.096	32.4	31224.73	3.12E+10
	3 & 4	10	-42	73	-26	8.2	96.5	6.710	4.016	10.7	10325.56	1.03E+10
	5A & 5B	43	77	73	60	8.2	96.5	27.570	64.162	91.7	88307.34	8.83E+10
	6A & 6B	31	28	73	1	8.2	96.5	35.864	0.000	35.9	34525.08	3.45E+10
B	1 & 2	12	-67	65	-28	40.0	56.074	14.234	8.572	22.8	21954.58	2.20E+10
	3 & 4	6	-46	65	-20	40.0	56.074	4.670	2.842	7.5	7231.21	7.23E+09
	5A & 5B	42	70	65	56	40.0	56.074	39.204	19.106	58.3	56133.09	5.61E+10
	6A & 6B	27	16	65	21	40.0	56.074	26.744	0.000	26.7	25745.56	2.57E+10

	Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Pex-amp			M	
								kNm	Nmm			
F	1 & 2	21	-79	73	-29	8.2	96.5	20.340	12.096	32.4	31224.73	3.12E+10
	3 & 4	10	-56	73	-23	8.2	96.5	6.710	4.016	10.7	10325.56	1.03E+10
	5A & 5B	43	77	73	60	8.2	96.5	27.570	64.162	91.7	88307.34	8.83E+10
	6A & 6B	31	28	73	30	8.2	96.5	35.864	0.000	35.9	34525.08	3.45E+10
B	1 & 2	24	-84	65	-30	40.0	56.074	14.234	8.572	22.8	21954.58	2.20E+10
	3 & 4	-6	-46	65	-26	40.0	56.074	4.670	2.842	7.5	7231.21	7.23E+09
	5A & 5B	42	70	65	56	40.0	56.074	39.204	19.106	58.3	56133.09	5.61E+10
	6A & 6B	27	-32	65	-3	40.0	56.074	26.744	0.000	26.7	25745.56	2.57E+10



f1	f2	f3	f4
-0.29	-0.47	0.14	0
0.19	0.78	0.92	0
-1.48	0.5	-0.64	0.72
0.94	0.4	0.72	0.04

0.134230769	0.689615385	0.946923077	0
0.655384615	0.496153846	0.596923077	0.178462

m	800.0	mm
m	14.44	m2
	82.25	

lblg	3.8	m
bg	4.6875	mm
bf	100	mm
β	0.90625	
tfnet-50	11.30	mm
hstf	11	mm
twnet-50	320	mm
tpnet-50	11.37	mm
s	800	mm
η	265515.18	
λ	0.429	
dw	320.00	mm
Kd	1.15	
x	0.4	m
rp	0.43	

profil 320 x 12 HP tnet = 11.3

Nama bagian	Jml [n]	Lebar (mm) [b]	Tinggi (mm) [h]
320 x 12 HP - Web	1	320.00	11.30

Se										Si						
Znet50		ψ	Kn2	o2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		Znet50		ψ	Kn2	o2Ai
mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3	cm3						
4.56E+09	4.56E+06	1.80E-03	1.35	10.65	21.305	20.2	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.51E+09	1.51E+06	5.44E-03	1.35	10.64	21.278	20.1	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.29E+10	1.29E+07	6.36E-04	1.35	10.66	21.314	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
5.04E+09	5.04E+06	1.63E-03	1.35	10.65	21.306	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
3.20E+09	3.20E+06	2.56E-03	1.35	10.65	21.299	15.212	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
1.06E+09	1.06E+06	7.76E-03	1.35	10.63	21.260	15.184	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
8.19E+09	8.19E+06	1.00E-03	1.35	10.66	21.311	15.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65
3.76E+09	3.76E+06	2.18E-03	1.35	10.65	21.302	15.214	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65

Znet50										Si						
Znet50		ψ	Kn2	o2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		Znet50		ψ	Kn2	o2Ai
mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3	cm3						
4.56E+09	4.56E+06	1.80E-03	1.35	10.65	21.305	20.2	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.51E+09	1.51E+06	5.44E-03	1.35	10.64	21.278	20.1	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.29E+10	1.29E+07	6.36E-04	1.35	10.66	21.314	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
5.04E+09	5.04E+06	1.63E-03	1.35	10.65	21.306	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
3.20E+09	3.20E+06	2.56E-03	1.35	10.65	21.299	15.212	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
1.06E+09	1.06E+06	7.76E-03	1.35	10.63	21.260	15.184	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
8.19E+09	8.19E+06	1.00E-03	1.35	10.66	21.311	15.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65
3.76E+09	3.76E+06	2.18E-03	1.35	10.65	21.302	15.214	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65

Znet50										Si						
Znet50		ψ	Kn2	o2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		Znet50		ψ	Kn2	o2Ai
mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3	cm3						
4.56E+09	4.56E+06	1.80E-03	1.35	10.65	21.305	20.2	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.51E+09	1.51E+06	5.44E-03	1.35	10.64	21.278	20.1	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.29E+10	1.29E+07	6.36E-04	1.35	10.66	21.314	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
5.04E+09	5.04E+06	1.63E-03	1.35	10.65	21.306	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
3.20E+09	3.20E+06	2.56E-03	1.35	10.65	21.299	15.212	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
1.06E+09	1.06E+06	7.76E-03	1.35	10.63	21.260	15.184	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
8.19E+09	8.19E+06	1.00E-03	1.35	10.66	21.311	15.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65
3.76E+09	3.76E+06	2.18E-03	1.35	10.65	21.302	15.214	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65

$1+m/\xi$	3.67
$1+(m+\Delta m)/\xi$	5.45

Fatigue Damage (D)
Palmgren - Miner's
Weibull Distribution

$$DM = \frac{\alpha_i \cdot N_L}{K_2} \frac{S_{Ri}^m}{(\ln N_R)^{m/\xi}} \mu_i \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right)$$

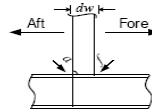
Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	θi	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m+\Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	μi =	D
21.306	0.0	26	-47	54.0446	5.65441	1.75	13.428	0.71462	0.08051
21.306	0.0	32	-41	56.3509	5.3952	1.75	13.428	0.72806	0.09298
21.297	0.0	60	-13	67.6713	4.39264	1.524	8.908	0.77757	0.17197
21.297	0.0	63	-10	73	4.04643	1.524	8.908	0.80281	0.2211
21.308	0.991	19	-47	46.8524	6.63797	1.876	17.159	0.67687	0.04968
21.308	0.991	22	-43	48.1258	6.44105	1.876	17.159	0.68502	0.05449
21.299	0.990	59	-7	62.6841	4.78698	1.524	8.908	0.7548	0.13268
21.299	0.990	31	-34	51.8142	5.92847	1.75	13.428	0.70216	0.06971
									0.873122

Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	θi	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m+\Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	μi =	D
21.306	0.0	8	-65	46.7216	6.65884	1.75	13.428	0.67567	0.04918
21.306	0.0	10	-62	47.7926	6.49151	1.876	17.158	0.68286	0.0532
21.297	0.0	96	24	73	4.04617	1.524	8.908	0.80283	0.22114
21.297	0.0	38	-35	58.7724	5.14621	1.524	8.908	0.73817	0.10695
21.308	0.991	5	-60	41.3349	7.64086	1.876	17.158	0.64404	0.03246
21.308	0.991	13	-53	44.4083	7.0496	1.876	17.158	0.66181	0.04136
21.299	0.990	88	23	65	4.55908	1.524	8.908	0.76729	0.15365
21.299	0.990	54	-11	60.8845	4.94616	1.524	8.908	0.74702	0.12033
									0.778275

Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	θi	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m+\Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	μi =	D
21.306	0.0	8	-65	46.7216	6.65884	3.823151834	39.57662028	0.37933	0.02761
21.306	0.0	13	-59	49.0501	6.3049	3.839531573	40.19271462	0.41574	0.03501
21.297	0.0	96	24	73	4.04617	3.267948199	25.22284608	0.70476	0.19413
21.297	0.0	66	-7	73	4.04643	3.267948199	25.22284608	0.7047	0.19408
21.308	0.991	3	-63	40.3887	7.84217	3.15022232	23.04360381	0.35652	0.01676
21.308	0.991	7	-59	42.024	7.50029	3.397332985	27.86633416	0.34014	0.01802
21.299	0.990	88	23	65	4.55908	2.242755219	10.96797888	0.62147	0.12445
21.299	0.990	30	-36	51.2577	6.00079	2.720143633	16.45647302	0.48674	0.04678

Principle Dimensions

Length (konstruksi)	=	167.81	[m]
Breadth (B)	=	30.50	[m]
Depth (H)	=	15.60	[m]
Draft Designed (t _d)	=	8.98	[m]



NL	65279065.2
f ₀	0.74
U (sec)	3.31E+01
α ₁	0.44
m	3
K ₂	4.30E+11
N _R	10000
Δm	2
Sq (N/mm ²)	35

f _{weibull}	0.93
ξ	0.95
1+m/ξ	4.16
1+(m+Δm)/ξ	6.27
f (1+m/ξ)	7.27

Fatigue life	Frame 65	30.9	tahun
	Frame 58	26.8	tahun
	Frame 51	28.3	tahun

Tipe Sambungan	Assess Point	Class	SCF		
			Kgl	Kgh	K
	f	F	1.1	1.05	1.8797625
	a	F2			

ai	
bi	
ai	
bi	

y/B	0.393032787
z/D	0.192307692

Stress FEA

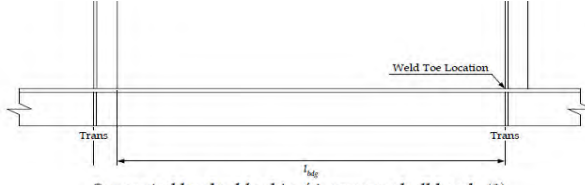
z	3.00	y	12.0
M	7.20E+11	M	4.04E+11
l _{na}	8.61E+13	l _{na}	8.61E+13
z1	6651.06		
z critical area	3000		
	2.36E+10		7.18E+09
sigma	30.52	sigma	56.30
vertical stress range	61.04	horizontal stress range	112.59

s	0.8
l	3.8
fbdg	0.5
cs	0.7
sigma yield	235
Kd	1.3

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Pex-amp				M	
							kNm	Nmm				
F C	1 & 2	9	-39	103	-15	45.8	114.5	-34.998	52.542	17.5	16889.02	1.69E+10
	3 & 4	-7	-28	103	-17	45.8	114.5	22.509	-15.000	7.5	7228.66	7.23E+09
	5A & 5B	10	28	103	19	45.8	114.5	67.521	67.521	135.0	130000.43	1.30E+11
	6A & 6B	9	21	103	15	45.8	114.5	37.512	37.512	75.0	72223.10	7.22E+10
B C	1 & 2	18	-29	50	-5	50.6	35.140	-25.020	35.013	10.0	9619.93	9.62E+09
	3 & 4	7	-24	50	-8	50.6	35.140	15.006	-10.722	4.3	4124.06	4.12E+09
	5A & 5B	10	29	50	20	50.6	35.140	45.015	45.015	90.0	86668.88	8.67E+10
	6A & 6B	8	21	50	15	50.6	35.140	25.008	25.008	50.0	48148.74	4.81E+10

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Pex-amp				M	
							kNm	Nmm				
F C	1 & 2	18	-79	103	-30	45.8	114.5	-34.998	52.542	17.5	16889.02	1.69E+10
	3 & 4	7	-55	103	-24	45.8	114.5	22.509	-15.000	7.5	7228.66	7.23E+09
	5A & 5B	20	55	103	38	45.8	114.5	67.521	67.521	135.0	130000.43	1.30E+11
	6A & 6B	18	43	103	30	45.8	114.5	37.512	37.512	75.0	72223.10	7.22E+10
B C	1 & 2	18	-57	50	-19	50.6	35.140	-25.020	35.013	10.0	9619.93	9.62E+09
	3 & 4	-7	-47	50	-27	50.6	35.140	15.006	-10.722	4.3	4124.06	4.12E+09
	5A & 5B	21	57	50	39	50.6	35.140	45.015	45.015	90.0	86668.88	8.67E+10
	6A & 6B	16	64	50	40	50.6	35.140	25.008	25.008	50.0	48148.74	4.81E+10

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Pex-amp				M	
							kNm	Nmm				
F C	1 & 2	9	-79	103	-35	45.8	114.5	-34.998	52.542	17.5	16889.02	1.69E+10
	3 & 4	-7	-55	103	-31	45.8	114.5	22.509	-15.000	7.5	7228.66	7.23E+09
	5A & 5B	20	55	103	38	45.8	114.5	67.521	67.521	135.0	130000.43	1.30E+11
	6A & 6B	9	43	103	26	45.8	114.5	37.512	37.512	75.0	72223.10	7.22E+10
B C	1 & 2	18	-57	50	-19	50.6	35.140	-25.020	35.013	10.0	9619.93	9.62E+09
	3 & 4	7	-24	50	-8	50.6	35.140	15.006	-10.722	4.3	4124.06	4.12E+09
	5A & 5B	21	57	50	39	50.6	35.140	45.015	45.015	90.0	86668.88	8.67E+10
	6A & 6B	16	43	50	29	50.6	35.140	25.008	25.008	50.0	48148.74	4.81E+10



Supported by double skin / transverse bulkheads (1)

f1	f2	f3	f4
-0.71	1.13	0	0.55
1.03	0.8	0	-0.18
-0.18	0.34	0	0.7
0.9	0.22	0	-0.3

0.750946721	1.244127049	0	0.03617
0.865384615	0.285384615	0	-0.16538

m	800.0	mm
m	14.44	m2
	82.25	

l _{blg}	3.6	m
bg	4.6875	mm
bf	100	mm
β	0.90625	
tf _{net-50}	11.3	mm
h _{stf}	11	mm
tw _{net-50}	320	mm
tp _{net-50}	13.9	mm
s	800	mm
η	390775.27	
λ	0.429	
dw	400	mm
Kd	1.3	
x	0	m
rp	1.00	

profil 320 x 12 HP tnet = 11.3

Nama bagian	Jml	Lebar (mm) [b]	Tinggi (mm) [h]
320 x 12 HP - Web	1	320	11.3

Se										Si									
Znet50		ψ	Kn2	σ2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		Znet50		ψ	Kn2	σ2Ai	Se 2 sigma Ai	f*Se	
mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3	cm3									
2.46E+09	2.46E+06	5.19E-03	1.35	12.03	24.053	0.0	20.013		20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	4.55E-03	1.35	12.03	24.059	0.9	
1.05E+09	1.05E+06	1.21E-02	1.35	12.00	23.995	0.0	20.013		20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	4.55E-03	1.35	12.03	24.059	0.9	
1.90E+10	1.90E+07	6.75E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	20.013	20.013	40.025	38531.18	3.85E+10	5.62E+09	5.62E+06	2.28E-03	1.35	12.04	24.078	0.9	
1.05E+10	1.05E+07	1.21E-03	1.35	12.04	24.087	0.0	20.013	20.013	40.025	38531.18	3.85E+10	5.62E+09	5.62E+06	2.28E-03	1.35	12.04	24.078	0.9	
1.40E+09	1.40E+06	9.12E-03	1.35	12.01	24.020	0.000	23.077		23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	3.95E-03	1.35	12.03	24.064	-6.944	
6.02E+08	6.02E+05	2.13E-02	1.34	11.96	23.918	0.000	23.077		23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	3.95E-03	1.35	12.03	24.064	-6.944	
1.26E+10	1.26E+07	1.01E-03	1.35	12.04	24.089	0.000	23.077	23.077	46.155	44431.46	4.44E+10	6.48E+09	6.48E+06	1.97E-03	1.35	12.04	24.081	-6.949	
7.02E+09	7.02E+06	1.82E-03	1.35	12.04	24.082	0.000	23.077	23.077	46.155	44431.46	4.44E+10	6.48E+09	6.48E+06	1.97E-03	1.35	12.04	24.081	-6.949	

Znet50										M										Znet50									
mm3		ψ	Kn2	σ2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		mm3		ψ	Kn2	σ2Ai	Se 2 sigma Ai	f*Se											
mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3	cm3																			
2.46E+09	2.46E+06	5.19E-03	1.35	12.03	24.053	0.0	20.013		20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	4.55E-03	1.35	12.03	24.059	0.9											
1.05E+09	1.05E+06	1.21E-02	1.35	12.00	23.995	0.0	20.013		20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	4.55E-03	1.35	12.03	24.059	0.9											
1.90E+10	1.90E+07	6.75E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	20.013	20.013	40.025	38531.18	3.85E+10	5.62E+09	5.62E+06	2.28E-03	1.35	12.04	24.078	0.9											
1.05E+10	1.05E+07	1.21E-03	1.35	12.04	24.087	0.0	20.013	20.013	40.025	38531.18	3.85E+10	5.62E+09	5.62E+06	2.28E-03	1.35	12.04	24.078	0.9											
1.40E+09	1.40E+06	9.12E-03	1.35	12.01	24.020	0.000	23.077		23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	3.95E-03	1.35	12.03	24.064	-6.944											
6.02E+08	6.02E+05	2.13E-02	1.34	11.96	23.918	0.000	23.077		23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	3.95E-03	1.35	12.03	24.064	-6.944											
1.26E+10	1.26E+07	1.01E-03	1.35	12.04	24.089	0.000	23.077	23.077	46.155	44431.46	4.44E+10	6.48E+09	6.48E+06	1.97E-03	1.35	12.04	24.081	-6.949											
7.02E+09	7.02E+06	1.82E-03	1.35	12.04	24.082	0.000	23.077	23.077	46.155	44431.46	4.44E+10	6.48E+09	6.48E+06	1.97E-03	1.35	12.04	24.081	-6.949											

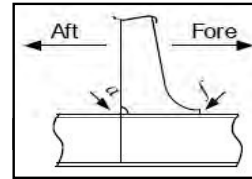
Znet50										M										Znet50									
mm3		ψ	Kn2	σ2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		mm3		ψ	Kn2	σ2Ai	Se 2 sigma Ai	f*Se											
mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3	cm3																			
2.46E+09	2.46E+06	5.19E-03	1.35	12.03	24.053	0.0	20.013		20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	4.55E-03	1.35	12.03	24.059	0.9											
1.05E+09	1.05E+06	1.21E-02	1.35	12.00	23.995	0.0	20.013		20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	4.55E-03	1.35	12.03	24.059	0.9											
1.90E+10	1.90E+07	6.75E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	20.013	20.013	40.025	38531.18	3.85E+10	5.62E+09	5.62E+06	2.28E-03	1.35	12.04	24.078	0.9											
1.05E+10	1.05E+07	1.21E-03	1.35	12.04	24.087	0.0	20.013	20.013	40.025	38531.18	3.85E+10	5.62E+09	5.62E+06	2.28E-03	1.35	12.04	24.078	0.9											
1.40E+09	1.40E+06	9.12E-03	1.35	12.01	24.020	0.000	23.077		23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	3.95E-03	1.35	12.03	24.064	-6.944											
6.02E+08	6.02E+05	2.13E-02	1.34	11.96	23.918	0.000	23.077		23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	3.95E-03	1.35	12.03	24.064	-6.944											
1.26E+10	1.26E+07	1.01E-03	1.35	12.04	24.089	0.000	23.077	23.077	46.155	44431.46	4.44E+10	6.48E+09	6.48E+06	1.97E-03	1.35	12.04	24.081	-6.949											
7.02E+09	7.02E+06	1.82E-03	1.35	12.04	24.082	0.000	23.077	23.077	46.155	44431.46	4.44E+10	6.48E+09	6.48E+06	1.97E-03	1.35	12.04	24.081	-6.949											

Principle Dimensions

Length (konstruksi)	=	167.81	[m]
Breadth (B)	=	30.50	[m]
Depth (H)	=	15.60	[m]
Draft Designed (t _d)	=	8.98	[m]

NL	65279065.2
f _u	0.74
U (sec)	3.31E+01
α _i	0.44
m	3
K ₂	4.30E+11
N _a	10000
Δm =	2
Sq (N/mm ²)	35

f _{weld}	0.93
ξ	0.95
1+m/ξ	4.16
1+(m+Δm)/ξ	6.27
Γ (1+m/ξ)	7.27



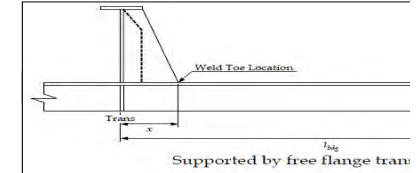
Fatigue life Antara pembujur deck & web transverse **26.7 tahun**

Tipe Sambungan	Assess Point	Class	SCF		
			Kgl	Kgh	K
	f	F	1.05	1.05	1.9679625
	a	F2			

Total stress range combination factors

	f1	f2	f3	f4
ai	-0.71	1.13	0	0.55
bi	1.03	0.8	0	-0.18
ai	-0.18	0.34	0	0.7
bi	0.9	0.22	0	-0.3

y/B	0.419262295	0.73232377	1.2737664	0	0.050594
z/D	0.014102564	0.897461538	0.2247949	0	-0.290128



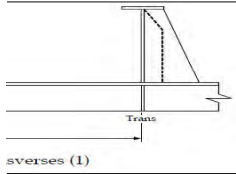
lbig	3.8	m
bg	4.6875	mm
bf	100	mm
β	0.90625	
tfnet-50	11.3	mm
hstf	11	mm
twnet-50	220	mm
tpnet-50	13.9	mm
s	800	mm
η	485117.88	
λ	0.429	
dw	220	mm
Kd	1.7	
x	1	m
rp	0.16	

profil
Nama bagian
220 x 12 HP
- Web

Stress FEA				z	0.22	y	12.8
				M	7.20E+11	M	4.04E+11
				Ina	8.61E+13	Ina	8.61E+13
				Zna-net 50	6651.06		
				z critical area	220		
				Zv-net 75	1.34E+10	Zh - net75	6.73E+09
				sigma	53.76	sigma	60.05
				vertical stress range	107.53	horizontal stress range	120.10

s	0.8	m	800.0	mm
l	3.8	m	14.44	m ²
fbdg	0.5		82.25	
cs	0.7			
sigma yield	235			
Kd	1.3			

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Se										Pin-amp							
							Pex-amp		M		Znet50		ψ	Kn2	σ2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	M						
							kNm	Nmm	mm ³	cm ³	kNm	Nmm												
F C	1 & 2	9	-41	104	-16	78.7	98.00	-34.998	52.542	17.5	16889.02	1.69E+10	2.46E+09	2.46E+06	1.08E-03	1.35	12.04	24.087	0.0	20.013	20.013	19265.59	1.93E+10	
	3 & 4	-7	-29	104	-18	78.7	98.00	22.509	-15.000	7.5	7228.66	7.23E+09	1.05E+09	1.05E+06	2.52E-03	1.35	12.04	24.075	0.0	20.013	20.013	19265.59	1.93E+10	
	5A & 5B	11	29	104	20	78.7	98.00	67.521	67.521	135.0	130000.43	1.30E+11	1.90E+10	1.90E+07	1.40E-04	1.35	12.05	24.095	0.0	20.013	20.013	40.025	38531.18	3.85E+10
	6A & 6B	10	22	104	16	78.7	98.00	37.512	37.512	75.0	72223.10	7.22E+10	1.05E+10	1.05E+07	2.53E-04	1.35	12.05	24.094	0.0	20.013	20.013	40.025	38531.18	3.85E+10
B C	1 & 2	19	-30	69	-6	88.7	36.79	-25.020	35.013	10.0	9619.93	9.62E+09	1.40E+09	1.40E+06	1.90E-03	1.35	12.04	24.080	0.000	23.077	23.077	22215.73	2.22E+10	
	3 & 4	8	-25	69	-9	88.7	36.79	15.006	-10.722	4.3	4124.06	4.12E+09	6.02E+08	6.02E+05	4.42E-03	1.35	12.03	24.059	0.000	23.077	23.077	22215.73	2.22E+10	
	5A & 5B	11	30	69	20	88.7	36.79	45.015	45.015	90.0	86668.88	8.67E+10	1.26E+10	1.26E+07	2.11E-04	1.35	12.05	24.095	0.000	23.077	23.077	46.155	44431.46	4.44E+10
	6A & 6B	8	22	69	15	88.7	36.79	25.008	25.008	50.0	48148.74	4.81E+10	7.02E+09	7.02E+06	3.79E-04	1.35	12.05	24.093	0.000	23.077	23.077	46.155	44431.46	4.44E+10



220 x 12 HP tnet = 11.3

Jml	Lebar	Tinggi
[n]	[b]	[h]
1	220	11.3

1+m/ξ	4.16
1+(m+Δm)/ξ	6.27

Fatigue Damage (D)
 Palmgren - Miner's
 Weibull Distribution

$$DM = \frac{\alpha_i N_L}{K_2} \frac{S_{Ri}^m}{(\ln N_R)^{m/\xi}} \mu_i \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right)$$

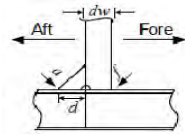
Znet50		ψ	Kn2	o2Ai	Si		f*Si	s tensile	s compression	Sri	δi	γ(1 + m/ξ, νi)	γ(1 + (m+Δm)/ξ, νi)	μi =	D
mm3	cm3				2 sigma Ai										
2.81E+09	2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.088	1.2	36	-68	76.62390355	4.377130972	3.957186743	35.16284065	0.671246643	0.1330159	
2.81E+09	2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.088	1.2	34	-70	75.76850943	4.424034417	4.235291776	40.66365406	0.6611947	0.1266847	
5.62E+09	5.62E+06	4.74E-04	1.35	12.05	24.093	1.2	72	-32	90.92540825	3.720722269	3.299995068	24.18327814	0.754872937	0.2499529	
5.62E+09	5.62E+06	4.74E-04	1.35	12.05	24.093	1.2	68	-36	89.40137317	3.780916251	3.376804153	25.33298607	0.746961351	0.2351036	
3.24E+09	3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	-6.933	29	-40	53.07385594	6.203081286	4.367221365	43.47391029	0.527027785	0.034706	
3.24E+09	3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	-6.933	26	-43	51.85826558	6.341050601	4.601568281	48.81189108	0.503988129	0.0309601	
6.48E+09	6.48E+06	4.11E-04	1.35	12.05	24.093	-6.934	55	-14	63.46951249	5.234217394	3.963574754	35.28306294	0.603139661	0.0679269	
6.48E+09	6.48E+06	4.11E-04	1.35	12.05	24.093	-6.934	50	-19	61.38763644	5.402608309	4.104049718	37.99851683	0.584918523	0.0596028	
															0.93795304

Principle Dimensions

Length (konstruksi)	=	167.81	[m]
Breadth (B)	=	30.50	[m]
Depth (H)	=	15.60	[m]
Draft Designed (t _d)	=	8.98	[m]

NL	65279065.2
f _n	0.74
U (sec)	3.31E+01
a ₁	0.44
m	3
K ₂	4.30E+11
N _k	10000
Δm =	2
Sq (N/mm2)	35

f _{weibull}	0.93
ξ	0.95
1+m/ξ	4.16
1+(m+Δm)/ξ	6.27
Γ (1+m/ξ)	7.27



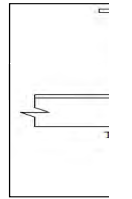
Fatigue life Antara pembujur deck & web transverse **27.3** tahun

Tipe Sambungan	Assess Point	Class	SCF		
			Kgl	Kgh	K
	f	F	1.05	1.05	1.38915
	a	F2			

Total stress range combination factors

	f1	f2	f3	f4
ai	-0.71	1.13	0	0.55
bi	1.03	0.8	0	-0.18
ai	-0.18	0.34	0	0.7
bi	0.9	0.22	0	-0.3

y/B	0.419262295	0.73232377	1.2737664	0	0.050594
z/D	0.014102564	0.897461538	0.2247949	0	-0.290128



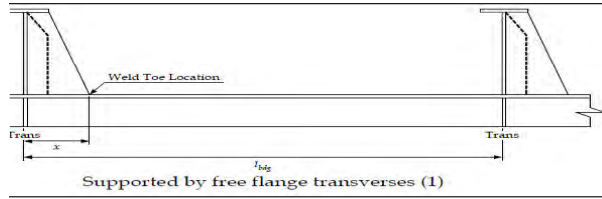
libg
bg
bf
β
tfnet-50
hstf
twnet-50
tpnet-50
s
n
λ
dw
Kd
x
rp

Stress FEA

z	0.22	y	12.8
M	7.20E+11	M	4.04E+11
Ina	8.61E+13	Ina	8.61E+13
Zna-net 50	6651.06		
z critical area	220		
Zv-net 75	1.34E+10	Zh - net75	6.73E+09
sigma	53.76	sigma	60.05
vertical stress range	107.53	horizontal stress range	120.10

s	0.8	m	800.0	mm
l	3.8	m	14.44	m2
fbdg	0.5		82.25	
cs	0.7			
sigma yield	235			
Kd	1.3			

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Se													
							Pex-amp			M		Znet50		ψ	Kn2	o2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se		
							kNm	Nmm	mm3	cm3										
F	7	-29	104	-11	78.7	98.00	-34.998	52.542	17.5	16889.02	1.69E+10	2.46E+09	2.46E+06	1.08E-03	1.35	12.04	24.087	0.0	20.013	
C	-5	-20	104	-13	78.7	98.00	22.509	-15.000	7.5	7228.66	7.23E+09	1.05E+09	1.05E+06	2.52E-03	1.35	12.04	24.075	0.0	20.013	
	8	20	104	14	78.7	98.00	67.521	67.521	135.0	130000.43	1.30E+11	1.90E+10	1.90E+07	1.40E-04	1.35	12.05	24.095	0.0	20.013	20.013
	7	16	104	11	78.7	98.00	72223.10	37.512	75.0	72223.10	7.22E+10	1.05E+10	1.05E+07	2.53E-04	1.35	12.05	24.094	0.0	20.013	20.013
B	13	-21	69	-4	88.7	36.79	-25.020	35.013	10.0	9619.93	9.62E+09	1.40E+09	1.40E+06	1.90E-03	1.35	12.04	24.080	0.000	23.077	
C	5	-18	69	-6	88.7	36.79	15.006	-10.722	4.3	4124.06	4.12E+09	6.02E+08	6.02E+05	4.42E-03	1.35	12.03	24.059	0.000	23.077	
	8	21	69	14	88.7	36.79	45.015	45.015	90.0	86668.88	8.67E+10	1.26E+10	1.26E+07	2.11E-04	1.35	12.05	24.095	0.000	23.077	23.077
	6	16	69	11	88.7	36.79	25.008	25.008	50.0	48148.74	4.81E+10	7.02E+09	7.02E+06	3.79E-04	1.35	12.05	24.093	0.000	23.077	23.077



3.8	m	profil	220 x 12 HP	t _{net} =	11.3							
4.6875	mm	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Nama bagian</th> <th>Jml [n]</th> <th>Lebar (mm) [b]</th> <th>Tinggi (mm) [h]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>220 x 12 HP - Web</td> <td>1</td> <td>220</td> <td>11.3</td> </tr> </tbody> </table>	Nama bagian	Jml [n]	Lebar (mm) [b]	Tinggi (mm) [h]	220 x 12 HP - Web	1	220	11.3		
Nama bagian	Jml [n]		Lebar (mm) [b]	Tinggi (mm) [h]								
220 x 12 HP - Web	1		220	11.3								
100	mm											
0.90625												
11.3	mm											
11	mm											
220	mm											
13.9	mm											
800	mm											
485117.88												
0.429												
220	mm											
1.7												
1	m											
0.16												

$\frac{1+m/\xi}{1+(m+\Delta m)/\xi}$	4.16
	6.27

Fatigue Damage (D)
Palmgren - Miner's
Weibull Distribution

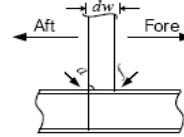
$$DM = \frac{\alpha_i \cdot N_L}{K_2} \frac{S_{Ri}^m}{(\ln N_R)^{m/\xi}} \mu_i \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right)$$

Pin-amp	M		Z _{net50}		ψ	Kn2	σ _{2Ai}	S _i 2 sigma Ai	f*Si	s tensile	s compression	Sri	δi	$\chi\left(1 + \frac{m}{\xi}, v_i\right)$	$\chi\left(1 + \frac{m+\Delta m}{\xi}, v_i\right)$	μ _i =	D
	kNm	Nmm	mm ³	cm ³													
20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.088	1.2	41	-63	78.49931291	4.277786098	3.957186743	35.16284065	0.68193946	0.1453021
20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.088	1.2	39	-65	77.89550529	4.309262243	4.235291776	40.66365406	0.675087204	0.1405483
40.025	38531.18	3.85E+10	5.62E+09	5.62E+06	4.74E-04	1.35	12.05	24.093	1.2	66	-38	88.59452057	3.813601054	3.299995068	24.18327814	0.744295402	0.2279788
40.025	38531.18	3.85E+10	5.62E+09	5.62E+06	4.74E-04	1.35	12.05	24.093	1.2	63	-41	87.5187311	3.858093706	3.376804153	25.33298607	0.738141391	0.2179572
23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	-6.933	31	-38	53.72173881	6.132033904	4.367221365	43.47391029	0.530172011	0.0362073
23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	-6.933	29	-41	52.86367502	6.226494497	4.601568281	48.81189108	0.509360198	0.0331456
46.155	44431.46	4.44E+10	6.48E+09	6.48E+06	4.11E-04	1.35	12.05	24.093	-6.934	49	-20	61.05970597	5.43015268	3.963574754	35.28306294	0.592072021	0.05937
46.155	44431.46	4.44E+10	6.48E+09	6.48E+06	4.11E-04	1.35	12.05	24.093	-6.934	45	-24	59.59014641	5.557215172	4.104049718	37.99851683	0.576281302	0.0537139

0.91422328

Principle Dimensions

Length (konstruksi)	=	167.81	[m]
Breadth (B)	=	30.50	[m]
Depth (H)	=	15.60	[m]
Draft Designed (t _d)	=	8.98	[m]



NL	65279065.2
f _n	0.74
U (sec)	3.31E+01
α ₁	0.44
m	3
K ₂	4.30E+11
N _R	10000
Δm =	2
Sq (N/mm ²)	35

f _{weibull}	1.1
ξ	1.12
1+m/ξ	3.67
1+(m+Δm)/ξ	5.45
Γ (1+m/ξ)	3.9814

Fatigue life	Antara pembujur sekat memanjang & Sekat melintang	40.4	tahun
--------------	---	------	-------

Tipe Sambungan	Assess Point	Class	SCF		
			Kgl	Kgh	K
	f	F	1.1	1.05	1.8797625
	a	F2			

y/B	0.5
z/D	0.192308

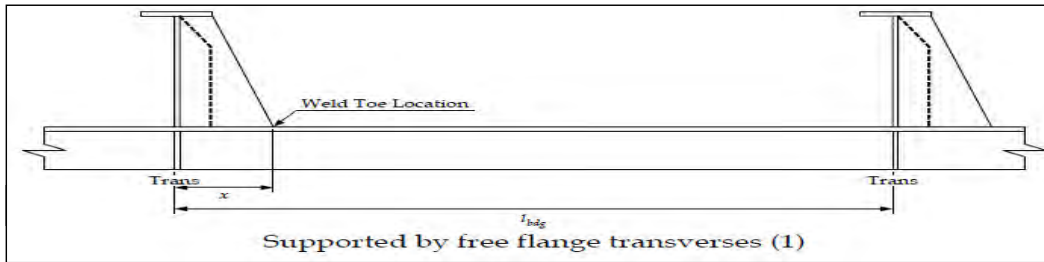
Stress FEA		
-------------------	--	--

z	3.00	y	15.3
M	7.20E+11	M	4.04E+11
Ina	8.61E+13	Ina	8.61E+13
z1	6651.06		
z critical area	3000		
	2.36E+10		5.65E+09
sigma	30.52	sigma	71.62
vertical stress range	61.04	horizontal stress range	143.23

	Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²				
F	1 & 2	8	-41	76	-16	8.2	98.8	20.340	-12.096		
	3 & 4	8	-22	76	-7	8.2	98.8	6.710	-4.016		
	5A & 5B	14	30	76	22	8.2	98.8	27.570	-64.162		
	6A & 6B	10	22	76	16	8.2	98.8	35.864	0.000		
B	1 & 2	10	-26	67	-8	40.0	57.389	14.234	-8.572		
	3 & 4	-9	-23	67	-16	40.0	57.389	4.670	-2.842		
	5A & 5B	13	27	67	20	40.0	57.389	39.204	-19.106		
	6A & 6B	10	-50	67	-20	40.0	57.389	26.744	0.000		

	Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²				
F	1 & 2	19	-81	83	-31	8.2	98.8	20.340	-12.096		
	3 & 4	-8	-43	83	-26	8.2	98.8	6.710	-4.016		
	5A & 5B	28	60	83	44	8.2	98.8	27.570	-64.162		
	6A & 6B	20	-66	83	-23	8.2	98.8	35.864	0.000		
B	1 & 2	10	-78	74	-34	40.0	57.389	14.234	-8.572		
	3 & 4	9	-47	74	-19	40.0	57.389	4.670	-2.842		
	5A & 5B	13	54	74	33	40.0	57.389	39.204	-19.106		
	6A & 6B	10	50	74	30	40.0	57.389	26.744	0.000		

	Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²				
F	1 & 2	8	-81	83	-37	8.2	98.8	20.340	-12.096		
	3 & 4	8	-22	83	-7	8.2	98.8	6.710	-4.016		
	5A & 5B	14	60	83	37	8.2	98.8	27.570	-64.162		
	6A & 6B	10	44	83	27	8.2	98.8	35.864	0.000		
B	1 & 2	19	-52	74	-16	40.0	57.389	14.234	-8.572		
	3 & 4	-9	-23	74	-16	40.0	57.389	4.670	-2.842		
	5A & 5B	26	27	74	26	40.0	57.389	39.204	-19.106		
	6A & 6B	10	-25	74	-7	40.0	57.389	26.744	0.000		



	f1	f2	f3	f4
ai	-0.29	-0.47	0.14	0
bi	0.19	0.78	0.92	0
ai	-1.48	0.5	-0.64	0.72
bi	0.94	0.4	0.72	0.04

	0.1342308	0.6896154	0.9469231	0
	0.6553846	0.4961538	0.5969231	0.178462

s	0.8	m
l	3.8	m
fbdg	0.5	
cs	0.7	
sigma yield	235	
Kd	1.3	

800.0	mm
14.44	m2
82.25	

l _{blg}	3.8	m
bg	4.6875	mm
bf	100	mm
β	0.90625	
tfnet-50	9	mm
hstf	9	mm
twnet-50	220	mm
tpnet-50	11.37	mm
s	800	mm
η	461253.22	
λ	0.429	
dw	220	mm
Kd	1.55	
x	0.7344	m
rp	0.06	

profil 220 x 10 HP

Nama bagian	Jml
	[n]
220 x 10 HP - Web	1

Pex-amp	Se										Pin-amp			Si		
	M		Znet50		ψ	Kn2	σ2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	17.718	17.718	35.436	M		Znet50	
	kNm	Nmm	mm3	cm3									kNm	Nmm	mm3	
8.2	7935.90	7.94E+09	1.16E+09	1.16E+06	2.30E-03	1.35	12.04	24.077	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	
2.7	2593.42	2.59E+09	3.78E+08	3.78E+05	7.04E-03	1.35	12.02	24.037	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	
-36.6	-35225.90	-3.52E+10	-5.14E+09	-5.14E+06	-5.18E-04	1.35	12.05	24.101	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	
35.9	34525.08	3.45E+10	5.04E+09	5.04E+06	5.28E-04	1.35	12.05	24.092	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	
5.7	5450.62	5.45E+09	7.95E+08	7.95E+05	3.35E-03	1.35	12.03	24.068	17.206	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	
1.8	1759.41	1.76E+09	2.57E+08	2.57E+05	1.04E-02	1.35	12.00	24.009	17.163	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	
20.1	19347.67	1.93E+10	2.82E+09	2.82E+06	9.43E-04	1.35	12.04	24.089	17.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	
26.7	25745.56	2.57E+10	3.76E+09	3.76E+06	7.09E-04	1.35	12.05	24.091	17.222	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	

Pex-amp	Se										Pin-amp			M			Znet50
	M		Znet50		ψ	Kn2	σ2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	17.718	17.718	35.436	M		Znet50		
	kNm	Nmm	mm3	cm3									kNm	Nmm	mm3		
8.2	7935.90	7.94E+09	1.16E+09	1.16E+06	2.30E-03	1.35	12.04	24.077	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09		
2.7	2593.42	2.59E+09	3.78E+08	3.78E+05	7.04E-03	1.35	12.02	24.037	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09		
-36.6	-35225.90	-3.52E+10	-5.14E+09	-5.14E+06	-5.18E-04	1.35	12.05	24.101	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09		
35.9	34525.08	3.45E+10	5.04E+09	5.04E+06	5.28E-04	1.35	12.05	24.092	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09		
5.7	5450.62	5.45E+09	7.95E+08	7.95E+05	3.35E-03	1.35	12.03	24.068	17.206	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09		
1.8	1759.41	1.76E+09	2.57E+08	2.57E+05	1.04E-02	1.35	12.00	24.009	17.163	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09		
20.1	19347.67	1.93E+10	2.82E+09	2.82E+06	9.43E-04	1.35	12.04	24.089	17.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09		
26.7	25745.56	2.57E+10	3.76E+09	3.76E+06	7.09E-04	1.35	12.05	24.091	17.222	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09		

Pex-amp	Se										Pin-amp			M			Znet50
	M		Znet50		ψ	Kn2	σ2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	17.718	17.718	35.436	M		Znet50		
	kNm	Nmm	mm3	cm3									kNm	Nmm	mm3		
8.2	7935.90	7.94E+09	1.16E+09	1.16E+06	2.30E-03	1.35	12.04	24.077	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09		
2.7	2593.42	2.59E+09	3.78E+08	3.78E+05	7.04E-03	1.35	12.02	24.037	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09		
-36.6	-35225.90	-3.52E+10	-5.14E+09	-5.14E+06	-5.18E-04	1.35	12.05	24.101	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09		
35.9	34525.08	3.45E+10	5.04E+09	5.04E+06	5.28E-04	1.35	12.05	24.092	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09		
5.7	5450.62	5.45E+09	7.95E+08	7.95E+05	3.35E-03	1.35	12.03	24.068	17.206	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09		
1.8	1759.41	1.76E+09	2.57E+08	2.57E+05	1.04E-02	1.35	12.00	24.009	17.163	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09		
20.1	19347.67	1.93E+10	2.82E+09	2.82E+06	9.43E-04	1.35	12.04	24.089	17.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09		
26.7	25745.56	2.57E+10	3.76E+09	3.76E+06	7.09E-04	1.35	12.05	24.091	17.222	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09		

t_{net} = 9.4

Lebar	Tinggi
(mm)	(mm)
[b]	[h]
220	9.40

1+m/ξ	3.67
1+(m+Δm)/ξ	5.45

Fatigue Damage (D)
Palmgren - Miner's
Weibull Distribution

$$DM = \frac{\alpha_i \cdot N_L}{K_2} \frac{S_{Ri}^m}{(\ln N_R)^{m/\xi}} \mu_i \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right)$$

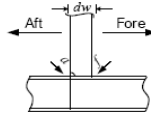
cm3	ψ	Kn2	σ2Ai	Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	δi	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	μi =	D
4.98E+06	5.35E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	22	-54	54.03216	5.65588	3.738903938	36.7000748	0.48206	0.05427
4.98E+06	5.35E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	31	-45	57.75013	5.24862	3.661987563	34.39055226	0.53106	0.073
2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.089	0.0	60	-16	69.30168	4.27677	3.241774815	24.7211745	0.65246	0.15499
2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.089	0.0	54	-22	66.91986	4.44808	3.361737807	27.11013785	0.63285	0.13536
5.74E+06	4.64E-04	1.35	12.05	24.093	1.102	26	-42	50.69722	6.07534	2.903336318	19.03310234	0.46306	0.04306
5.74E+06	4.64E-04	1.35	12.05	24.093	1.102	17	-50	47.40201	6.5516	3.222892062	24.3655515	0.40571	0.03084
3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	1.102	54	-14	61.95962	4.84989	2.470894001	13.39340087	0.5815	0.09871
3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	1.102	14	-53	46.10594	6.75877	3.053126337	21.38371005	0.41183	0.02881
0.619033													

cm3	ψ	Kn2	σ2Ai	Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	δi	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	μi =	D
4.98E+06	5.35E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	10	-72	53.67221	5.69849	3.79216407	38.46697144	0.4831	0.05331
4.98E+06	5.35E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	16	-67	55.75554	5.45993	3.889595314	42.23831946	0.53918	0.0667
2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.089	0.0	85	3	83.62471	3.46331	2.788647444	17.3847701	0.77745	0.32448
2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.089	0.0	19	-64	56.95348	5.33114	3.715506747	35.97052333	0.52541	0.06927
5.74E+06	4.64E-04	1.35	12.05	24.093	1.102	3	-71	45.22683	6.90648	3.264812847	25.16220339	0.38229	0.02524
5.74E+06	4.64E-04	1.35	12.05	24.093	1.102	18	-56	51.25632	6.00097	3.074608255	21.74110819	0.45227	0.04347
3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	1.102	70	-3	72.24226	4.08177	2.293082868	11.47485308	0.65945	0.17744
3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	1.102	67	-7	70.86281	4.17111	2.363764094	12.21303783	0.64736	0.1644
0.924308													

cm3	ψ	Kn2	σ2Ai	Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	δi	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	μi =	D
4.98E+06	5.35E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	5	-78	51.41378	5.98034	3.881459305	41.88612726	0.46032	0.04465
4.98E+06	5.35E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	34	-48	63.25072	4.73885	3.661987563	34.39055226	0.62103	0.11215
2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.089	0.0	78	-4	80.78248	3.60044	3.034716425	21.08167069	0.77855	0.29291
2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.089	0.0	68	-14	76.78371	3.81166	3.216552958	24.24732185	0.75403	0.24361
5.74E+06	4.64E-04	1.35	12.05	24.093	1.102	20	-53	52.3354	5.8622	2.920655357	19.29292021	0.47414	0.04851
5.74E+06	4.64E-04	1.35	12.05	24.093	1.102	20	-53	52.3061	5.86589	3.222892062	24.3655515	0.45255	0.04622
3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	1.102	63	-10	69.46256	4.26565	2.26164479	11.15643516	0.64354	0.15393
3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	1.102	30	-44	55.9751	5.43589	2.877697527	18.65387709	0.50695	0.06345
1.005442													

Principle Dimensions

Length (konstruksi)	=	167.81	[m]
Breadth (B)	=	30.50	[m]
Depth (H)	=	15.60	[m]
Draft Designed (t _d)	=	8.98	[m]



NL	65279065.2
f _n	0.74
U (sec)	3.31E+01
α ₁	0.44
m	3
K ₂	4.30E+11
N _R	10000
Δm =	2
Sq (N/mm ²)	35

f _{weibull}	1.1
ξ	1.12
1+m/ξ	3.67
1+(m+Δm)/ξ	5.45
Γ (1+m/ξ)	3.9814

Fatigue life	Antara pembujur sekat memanjang & Sekat melintang	40.4	tahun
--------------	---	------	-------

Tipe Sambungan	Assess Point	Class	SCF		
			Kgl	Kgh	K
	f	F	1.1	1.05	1.8797625
	a	F2			

y/B	0.5
z/D	0.192308

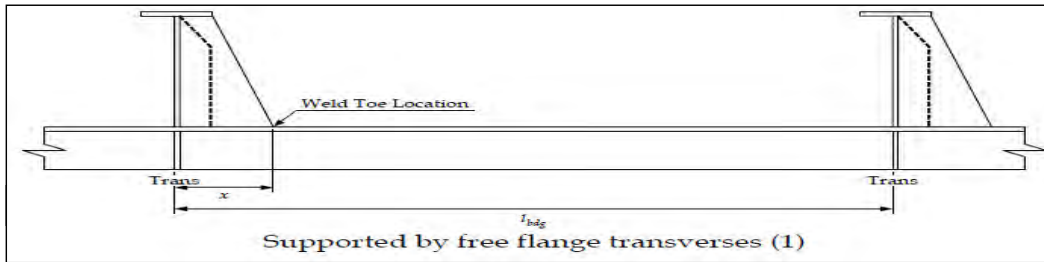
Stress FEA		
-------------------	--	--

z	3.00	y	15.3
M	7.20E+11	M	4.04E+11
Ina	8.61E+13	Ina	8.61E+13
z1	6651.06		
z critical area	3000		
	2.36E+10		5.65E+09
sigma	30.52	sigma	71.62
vertical stress range	61.04	horizontal stress range	143.23

	Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²			
								F	1 & 2	8
	3 & 4	8	-22	76	-7	8.2	98.8	6.710	-4.016	
C	5A & 5B	14	30	76	22	8.2	98.8	27.570	-64.162	
	6A & 6B	10	22	76	16	8.2	98.8	35.864	0.000	
B	1 & 2	10	-26	67	-8	40.0	57.389	14.234	-8.572	
	3 & 4	-9	-23	67	-16	40.0	57.389	4.670	-2.842	
C	5A & 5B	13	27	67	20	40.0	57.389	39.204	-19.106	
	6A & 6B	10	-50	67	-20	40.0	57.389	26.744	0.000	

	Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²			
								F	1 & 2	19
	3 & 4	-8	-43	83	-26	8.2	98.8	6.710	-4.016	
C	5A & 5B	28	60	83	44	8.2	98.8	27.570	-64.162	
	6A & 6B	20	-66	83	-23	8.2	98.8	35.864	0.000	
B	1 & 2	10	-78	74	-34	40.0	57.389	14.234	-8.572	
	3 & 4	9	-47	74	-19	40.0	57.389	4.670	-2.842	
C	5A & 5B	13	54	74	33	40.0	57.389	39.204	-19.106	
	6A & 6B	10	50	74	30	40.0	57.389	26.744	0.000	

	Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²			
								F	1 & 2	8
	3 & 4	8	-22	83	-7	8.2	98.8	6.710	-4.016	
C	5A & 5B	14	60	83	37	8.2	98.8	27.570	-64.162	
	6A & 6B	10	44	83	27	8.2	98.8	35.864	0.000	
B	1 & 2	19	-52	74	-16	40.0	57.389	14.234	-8.572	
	3 & 4	-9	-23	74	-16	40.0	57.389	4.670	-2.842	
C	5A & 5B	26	27	74	26	40.0	57.389	39.204	-19.106	
	6A & 6B	10	-25	74	-7	40.0	57.389	26.744	0.000	



	f1	f2	f3	f4
ai	-0.29	-0.47	0.14	0
bi	0.19	0.78	0.92	0
ai	-1.48	0.5	-0.64	0.72
bi	0.94	0.4	0.72	0.04

0.1342308	0.6896154	0.9469231	0
0.6553846	0.4961538	0.5969231	0.178462

s	0.8	m
l	3.8	m
fbdg	0.5	
cs	0.7	
sigma yield	235	
Kd	1.3	

800.0	mm
14.44	m2
82.25	

lbg	3.8	m
bg	4.6875	mm
bf	100	mm
β	0.90625	
tfnet-50	9	mm
hstf	9	mm
twnet-50	220	mm
tpnet-50	11.37	mm
s	800	mm
η	461253.22	
λ	0.429	
dw	220	mm
Kd	1.55	
x	0.7344	m
rp	0.06	

profil 220 x 10 HP

Nama bagian	Jml
	[n]
220 x 10 HP - Web	1

Pex-amp	Se										Pin-amp			Si		
	M		Znet50		ψ	Kn2	σ2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	17.718	17.718	35.436	M		Znet50	
	kNm	Nmm	mm3	cm3									kNm	Nmm	mm3	
8.2	7935.90	7.94E+09	1.16E+09	1.16E+06	2.30E-03	1.35	12.04	24.077	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	
2.7	2593.42	2.59E+09	3.78E+08	3.78E+05	7.04E-03	1.35	12.02	24.037	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	
-36.6	-35225.90	-3.52E+10	-5.14E+09	-5.14E+06	-5.18E-04	1.35	12.05	24.101	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	
35.9	34525.08	3.45E+10	5.04E+09	5.04E+06	5.28E-04	1.35	12.05	24.092	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	
5.7	5450.62	5.45E+09	7.95E+08	7.95E+05	3.35E-03	1.35	12.03	24.068	17.206	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	
1.8	1759.41	1.76E+09	2.57E+08	2.57E+05	1.04E-02	1.35	12.00	24.009	17.163	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	
20.1	19347.67	1.93E+10	2.82E+09	2.82E+06	9.43E-04	1.35	12.04	24.089	17.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	
26.7	25745.56	2.57E+10	3.76E+09	3.76E+06	7.09E-04	1.35	12.05	24.091	17.222	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	

Pex-amp	Se										Pin-amp			M			Znet50
	M		Znet50		ψ	Kn2	σ2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	17.718	17.718	35.436	M		Znet50		
	kNm	Nmm	mm3	cm3									kNm	Nmm	mm3		
8.2	7935.90	7.94E+09	1.16E+09	1.16E+06	2.30E-03	1.35	12.04	24.077	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09		
2.7	2593.42	2.59E+09	3.78E+08	3.78E+05	7.04E-03	1.35	12.02	24.037	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09		
-36.6	-35225.90	-3.52E+10	-5.14E+09	-5.14E+06	-5.18E-04	1.35	12.05	24.101	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09		
35.9	34525.08	3.45E+10	5.04E+09	5.04E+06	5.28E-04	1.35	12.05	24.092	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09		
5.7	5450.62	5.45E+09	7.95E+08	7.95E+05	3.35E-03	1.35	12.03	24.068	17.206	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09		
1.8	1759.41	1.76E+09	2.57E+08	2.57E+05	1.04E-02	1.35	12.00	24.009	17.163	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09		
20.1	19347.67	1.93E+10	2.82E+09	2.82E+06	9.43E-04	1.35	12.04	24.089	17.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09		
26.7	25745.56	2.57E+10	3.76E+09	3.76E+06	7.09E-04	1.35	12.05	24.091	17.222	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09		

Pex-amp	Se										Pin-amp			M			Znet50
	M		Znet50		ψ	Kn2	σ2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	17.718	17.718	35.436	M		Znet50		
	kNm	Nmm	mm3	cm3									kNm	Nmm	mm3		
8.2	7935.90	7.94E+09	1.16E+09	1.16E+06	2.30E-03	1.35	12.04	24.077	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09		
2.7	2593.42	2.59E+09	3.78E+08	3.78E+05	7.04E-03	1.35	12.02	24.037	22.8	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09		
-36.6	-35225.90	-3.52E+10	-5.14E+09	-5.14E+06	-5.18E-04	1.35	12.05	24.101	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09		
35.9	34525.08	3.45E+10	5.04E+09	5.04E+06	5.28E-04	1.35	12.05	24.092	22.8	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09		
5.7	5450.62	5.45E+09	7.95E+08	7.95E+05	3.35E-03	1.35	12.03	24.068	17.206	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09		
1.8	1759.41	1.76E+09	2.57E+08	2.57E+05	1.04E-02	1.35	12.00	24.009	17.163	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09		
20.1	19347.67	1.93E+10	2.82E+09	2.82E+06	9.43E-04	1.35	12.04	24.089	17.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09		
26.7	25745.56	2.57E+10	3.76E+09	3.76E+06	7.09E-04	1.35	12.05	24.091	17.222	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09		

t_{net} = 9.4

Lebar	Tinggi
(mm)	(mm)
[b]	[h]
220	9.40

1+m/ξ	3.67
1+(m+Δm)/ξ	5.45

Fatigue Damage (D)
Palmgren - Miner's
Weibull Distribution

$$DM = \frac{\alpha_i \cdot N_L}{K_2} \frac{S_{Ri}^m}{(\ln N_R)^{m/\xi}} \mu_i \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right)$$

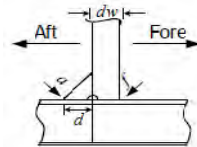
cm3	ψ	Kn2	σ2Ai	Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	δi	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	μi =	D
4.98E+06	5.35E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	22	-54	54.03216	5.65588	3.738903938	36.7000748	0.48206	0.05427
4.98E+06	5.35E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	31	-45	57.75013	5.24862	3.661987563	34.39055226	0.53106	0.073
2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.089	0.0	60	-16	69.30168	4.27677	3.241774815	24.7211745	0.65246	0.15499
2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.089	0.0	54	-22	66.91986	4.44808	3.361737807	27.11013785	0.63285	0.13536
5.74E+06	4.64E-04	1.35	12.05	24.093	1.102	26	-42	50.69722	6.07534	2.903336318	19.03310234	0.46306	0.04306
5.74E+06	4.64E-04	1.35	12.05	24.093	1.102	17	-50	47.40201	6.5516	3.222892062	24.3655515	0.40571	0.03084
3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	1.102	54	-14	61.95962	4.84989	2.470894001	13.39340087	0.5815	0.09871
3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	1.102	14	-53	46.10594	6.75877	3.053126337	21.38371005	0.41183	0.02881
0.619033													

cm3	ψ	Kn2	σ2Ai	Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	δi	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	μi =	D
4.98E+06	5.35E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	10	-72	53.67221	5.69849	3.79216407	38.46697144	0.4831	0.05331
4.98E+06	5.35E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	16	-67	55.75554	5.45993	3.889595314	42.23831946	0.53918	0.0667
2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.089	0.0	85	3	83.62471	3.46331	2.788647444	17.3847701	0.77745	0.32448
2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.089	0.0	19	-64	56.95348	5.33114	3.715506747	35.97052333	0.52541	0.06927
5.74E+06	4.64E-04	1.35	12.05	24.093	1.102	3	-71	45.22683	6.90648	3.264812847	25.16220339	0.38229	0.02524
5.74E+06	4.64E-04	1.35	12.05	24.093	1.102	18	-56	51.25632	6.00097	3.074608255	21.74110819	0.45227	0.04347
3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	1.102	70	-3	72.24226	4.08177	2.293082868	11.47485308	0.65945	0.17744
3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	1.102	67	-7	70.86281	4.17111	2.363764094	12.21303783	0.64736	0.1644
0.924308													

cm3	ψ	Kn2	σ2Ai	Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	δi	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m + \Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	μi =	D
4.98E+06	5.35E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	5	-78	51.41378	5.98034	3.881459305	41.88612726	0.46032	0.04465
4.98E+06	5.35E-04	1.35	12.05	24.092	0.0	34	-48	63.25072	4.73885	3.661987563	34.39055226	0.62103	0.11215
2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.089	0.0	78	-4	80.78248	3.60044	3.034716425	21.08167069	0.77855	0.29291
2.81E+06	9.47E-04	1.35	12.04	24.089	0.0	68	-14	76.78371	3.81166	3.216552958	24.24732185	0.75403	0.24361
5.74E+06	4.64E-04	1.35	12.05	24.093	1.102	20	-53	52.3354	5.8622	2.920655357	19.29292021	0.47414	0.04851
5.74E+06	4.64E-04	1.35	12.05	24.093	1.102	20	-53	52.3061	5.86589	3.222892062	24.3655515	0.45255	0.04622
3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	1.102	63	-10	69.46256	4.26565	2.26164479	11.15643516	0.64354	0.15393
3.24E+06	8.21E-04	1.35	12.04	24.090	1.102	30	-44	55.9751	5.43589	2.877697527	18.65387709	0.50695	0.06345
1.005442													

Principle Dimensions

Length (kor)	=	167.81	[m]
Breadth (B)	=	30.50	[m]
Depth (H)	=	15.60	[m]
Draft Desig	=	8.98	[m]



NL	65279065.2
f ₀	0.74
U (sec)	3.31E+01
α _i	0.44
m	3
K ₂	4.30E+11
N _R	10000
Δm	2
Sq (N/mm ²)	35

f _{weibull}	1.1
ξ	1.12
1+m/ξ	3.67
1+(m+Δm)/ξ	5.45
r (1+m/ξ)	3.9814

Fatigue life	Frame 65	36.5	tahun
	Frame 58	42.8	tahun
	Frame 51	38.9	tahun

Assess Point	Class	SCF		
		Kgl	Kgh	K
f	F	1.05	1.05	1.38915
a	F2			

ai
bi
ai
bi

y/B	0.488525
z/D	0.192308

Stress FEA

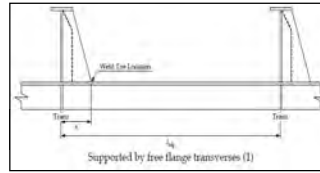
z	3.00	y	14.9
M	7.20E+11	M	4.04E+11
lna	8.61E+13	lna	8.61E+13
z1	6651.06		
z critical area	3000		
	2.36E+10		5.78E+09
sigma	30.52	sigma	69.97
vertical stress range	61.04	horizontal stress range	139.95

s	0.8
l	3.8
fbdg	0.5
cs	0.7
sigma yield	235
Kd	1.15

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Pex-amp			M		
							kNm	Nmm				
F	1 & 2	6	-30	73	-12	8.2	96.5	20.340	12.096	32.4	31224.73	3.12E+10
	3 & 4	6	-17	73	-5	8.2	96.5	6.710	4.016	10.7	10325.56	1.03E+10
	5A & 5B	10	44	73	27	8.2	96.5	27.570	64.162	91.7	88307.34	8.83E+10
	6A & 6B	28	32	73	30	8.2	96.5	35.864	0.000	35.9	34525.08	3.45E+10
B	1 & 2	7	-38	65	-16	40.0	56.074	14.234	8.572	22.8	21954.58	2.20E+10
	3 & 4	-7	-17	65	-12	40.0	56.074	4.670	2.842	7.5	7231.21	7.23E+09
	5A & 5B	19	40	65	29	40.0	56.074	39.204	19.106	58.3	56133.09	5.61E+10
	6A & 6B	15	-18	65	-2	40.0	56.074	26.744	0.000	26.7	25745.56	2.57E+10

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Pex-amp			M		
							kNm	Nmm				
F	1 & 2	24	-90	73	-33	8.2	96.5	20.340	12.096	32.4	31224.73	3.12E+10
	3 & 4	12	-48	73	-30	8.2	96.5	6.710	4.016	10.7	10325.56	1.03E+10
	5A & 5B	49	88	73	69	8.2	96.5	27.570	64.162	91.7	88307.34	8.83E+10
	6A & 6B	35	-32	73	2	8.2	96.5	35.864	0.000	35.9	34525.08	3.45E+10
B	1 & 2	14	-77	65	-32	40.0	56.074	14.234	8.572	22.8	21954.58	2.20E+10
	3 & 4	7	-52	65	-23	40.0	56.074	4.670	2.842	7.5	7231.21	7.23E+09
	5A & 5B	48	79	65	64	40.0	56.074	39.204	19.106	58.3	56133.09	5.61E+10
	6A & 6B	30	18	65	24	40.0	56.074	26.744	0.000	26.7	25745.56	2.57E+10

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Pex-amp			M		
							kNm	Nmm				
F	1 & 2	24	-90	73	-33	8.2	96.5	20.340	12.096	32.4	31224.73	3.12E+10
	3 & 4	12	-64	73	-26	8.2	96.5	6.710	4.016	10.7	10325.56	1.03E+10
	5A & 5B	49	88	73	69	8.2	96.5	27.570	64.162	91.7	88307.34	8.83E+10
	6A & 6B	35	32	73	34	8.2	96.5	35.864	0.000	35.9	34525.08	3.45E+10
B	1 & 2	27	-96	65	-34	40.0	56.074	14.234	8.572	22.8	21954.58	2.20E+10
	3 & 4	-7	-52	65	-30	40.0	56.074	4.670	2.842	7.5	7231.21	7.23E+09
	5A & 5B	48	79	65	64	40.0	56.074	39.204	19.106	58.3	56133.09	5.61E+10
	6A & 6B	30	-37	65	-3	40.0	56.074	26.744	0.000	26.7	25745.56	2.57E+10



f1	f2	f3	f4
-0.29	-0.47	0.14	0
0.19	0.78	0.92	0
-1.48	0.5	-0.64	0.72
0.94	0.4	0.72	0.04

0.134230769	0.689615385	0.946923077	0
0.655384615	0.496153846	0.596923077	0.178462

m	800.0	mm
m	14.44	m2
	82.25	

l_blg	3.8	m
l_b	4.6875	mm
l_f	100	mm
β	0.90625	
tfnet-50	11.30	mm
hstf	11	mm
twnet-50	320	mm
tpnet-50	11.37	mm
s	800	mm
η	265515.18	
λ	0.429	
dw	320.00	mm
Kd	1.15	
x	0.4	m
rp	0.43	

profil 320 x 12 HP tnet = 11.3

Nama bagian	Jml [n]	Lebar (mm) [b]	Tinggi (mm) [h]
320 x 12 HP - Web	1	320.00	11.30

Se							Si									
Znet50		ψ	Kn2	α2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		Znet50		ψ	Kn2	α2Ai
mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3	cm3						
4.56E+09	4.56E+06	1.80E-03	1.35	10.65	21.305	20.2	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.51E+09	1.51E+06	5.44E-03	1.35	10.64	21.278	20.1	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.29E+10	1.29E+07	6.36E-04	1.35	10.66	21.314	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
5.04E+09	5.04E+06	1.63E-03	1.35	10.65	21.306	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
3.20E+09	3.20E+06	2.56E-03	1.35	10.65	21.299	15.212	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
1.06E+09	1.06E+06	7.76E-03	1.35	10.63	21.260	15.184	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
8.19E+09	8.19E+06	1.00E-03	1.35	10.66	21.311	15.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65
3.76E+09	3.76E+06	2.18E-03	1.35	10.65	21.302	15.214	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65

Znet50		ψ	Kn2	α2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		Znet50		ψ	Kn2	α2Ai
mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3	cm3						
4.56E+09	4.56E+06	1.80E-03	1.35	10.65	21.305	20.2	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.51E+09	1.51E+06	5.44E-03	1.35	10.64	21.278	20.1	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.29E+10	1.29E+07	6.36E-04	1.35	10.66	21.314	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
5.04E+09	5.04E+06	1.63E-03	1.35	10.65	21.306	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
3.20E+09	3.20E+06	2.56E-03	1.35	10.65	21.299	15.212	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
1.06E+09	1.06E+06	7.76E-03	1.35	10.63	21.260	15.184	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
8.19E+09	8.19E+06	1.00E-03	1.35	10.66	21.311	15.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65
3.76E+09	3.76E+06	2.18E-03	1.35	10.65	21.302	15.214	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65

Znet50		ψ	Kn2	α2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		Znet50		ψ	Kn2	α2Ai
mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3	cm3						
4.56E+09	4.56E+06	1.80E-03	1.35	10.65	21.305	20.2	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.51E+09	1.51E+06	5.44E-03	1.35	10.64	21.278	20.1	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.29E+10	1.29E+07	6.36E-04	1.35	10.66	21.314	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
5.04E+09	5.04E+06	1.63E-03	1.35	10.65	21.306	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
3.20E+09	3.20E+06	2.56E-03	1.35	10.65	21.299	15.212	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
1.06E+09	1.06E+06	7.76E-03	1.35	10.63	21.260	15.184	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
8.19E+09	8.19E+06	1.00E-03	1.35	10.66	21.311	15.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65
3.76E+09	3.76E+06	2.18E-03	1.35	10.65	21.302	15.214	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65

$1+m/\xi$	3.67
$1+(m+\Delta m)/\xi$	5.45

Fatigue Damage (D)
Palmgren - Miner's
Weibull Distribution

$$DM = \frac{\alpha_i \cdot N_L}{K_2} \frac{S_{Ri}^m}{(\ln N_R)^{m/\xi}} \mu_i \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right)$$

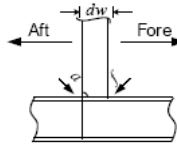
Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	θi	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m+\Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	μi =	D
21.306	0.0	24	-48	53.4449	5.72571	3.769339253	37.69010817	0.47643	0.05191
21.306	0.0	31	-42	56.0824	5.42421	3.720070472	36.11082585	0.51208	0.06446
21.297	0.0	63	-9	69.0178	4.29653	3.353097972	26.93006473	0.66204	0.15534
21.297	0.0	67	-6	73	4.04643	3.268913535	25.24154758	0.70485	0.19412
21.308	0.991	17	-48	46.0641	6.76566	3.103291844	22.22687505	0.40594	0.02832
21.308	0.991	21	-45	47.5214	6.53311	3.185000985	23.66726733	0.41012	0.03141
21.299	0.990	62	-3	64.157	4.66374	2.409858132	12.71158785	0.60039	0.11315
21.299	0.990	31	-34	51.7347	5.9387	2.841492725	18.12907638	0.47704	0.04714
									0.685849

Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	θi	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m+\Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	μi =	D
21.306	0.0	3	-69	45.0758	6.93247	3.823151834	39.57662028	0.35583	0.02326
21.306	0.0	7	-66	46.3014	6.72673	3.930916834	44.19595821	0.38511	0.02728
21.297	0.0	105	32	73	4.04617	3.267948199	25.22284608	0.70476	0.19413
21.297	0.0	38	-35	58.848	5.13878	3.435678029	28.70805966	0.52786	0.07677
21.308	0.991	1	-64	39.7585	7.98189	3.240111052	24.689631	0.3396	0.01523
21.308	0.991	10	-55	43.2728	7.25767	3.194616737	23.84257868	0.37311	0.02158
21.299	0.990	96	31	65	4.55908	2.242755219	10.96797888	0.62147	0.12445
21.299	0.990	57	-8	62.1008	4.83751	2.375058891	12.33392729	0.59043	0.10092
									0.583615

Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	θi	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m+\Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	μi =	D
21.306	0.0	3	-69	45.0758	6.93247	3.823151834	39.57662028	0.35583	0.02326
21.306	0.0	10	-63	47.7387	6.49974	3.839531573	40.19271462	0.39568	0.03072
21.297	0.0	105	32	73	4.04617	3.267948199	25.22284608	0.70476	0.19413
21.297	0.0	70	-3	73	4.04643	3.267948199	25.22284608	0.7047	0.19408
21.308	0.991	-2	-67	38.6771	8.23294	3.15022232	23.04360381	0.34426	0.01422
21.308	0.991	3	-62	40.5479	7.80759	3.397332985	27.86633416	0.32679	0.01555
21.299	0.990	96	31	65	4.55908	2.242755219	10.96797888	0.62147	0.12445
21.299	0.990	30	-36	51.0987	6.02176	2.720143633	16.45647302	0.48569	0.04625
									0.642644

Principle Dimensions

Length (kor)	=	167.81	[m]
Breadth (B)	=	30.50	[m]
Depth (H)	=	15.60	[m]
Draft Desig	=	8.98	[m]



NL	65279065.2
f ₀	0.74
U (sec)	3.31E+01
α ₁	0.44
m	3
K ₂	4.30E+11
N _R	10000
Δm	2
Sq (N/mm ²)	35

f _{weibull}	1.1
ξ	1.12
1+m/ξ	3.67
1+(m+Δm)/ξ	5.45
r (1+m/ξ)	3.9814

Fatigue life	Frame 65	33.9	tahun
	Frame 58	43.4	tahun
	Frame 51	40.9	tahun

Assess Point	Class	SCF		
		Kgl	Kgh	K
f	F	1.1	1.05	1.8797625
a	F2			

ai
bi
ai
bi

y/B	0.488525
z/D	0.192308

Stress FEA

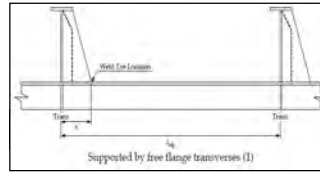
z	3.00	y	14.9
M	7.20E+11	M	4.04E+11
lna	8.61E+13	lna	8.61E+13
z1	6651.06		
z critical area	3000		
	2.36E+10		5.78E+09
sigma	30.52	sigma	69.97
vertical stress range	61.04	horizontal stress range	139.95

s	0.8
l	3.8
fdg	0.5
cs	0.7
sigma yield	235
Kd	1.15

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Pex-amp			M		
							kNm	Nmm				
F	1 & 2	8	-41	73	-16	8.2	96.5	20.340	12.096	32.4	31224.73	3.12E+10
	3 & 4	8	-22	73	-7	8.2	96.5	6.710	4.016	10.7	10325.56	1.03E+10
	5A & 5B	13	60	73	36	8.2	96.5	27.570	64.162	91.7	88307.34	8.83E+10
	6A & 6B	38	44	73	41	8.2	96.5	35.864	0.000	35.9	34525.08	3.45E+10
B	1 & 2	9	-52	65	-21	40.0	56.074	14.234	8.572	22.8	21954.58	2.20E+10
	3 & 4	-9	-23	65	-16	40.0	56.074	4.670	2.842	7.5	7231.21	7.23E+09
	5A & 5B	26	54	65	40	40.0	56.074	39.204	19.106	58.3	56133.09	5.61E+10
	6A & 6B	21	-25	65	-2	40.0	56.074	26.744	0.000	26.7	25745.56	2.57E+10

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Pex-amp			M		
							kNm	Nmm				
F	1 & 2	33	-122	73	-45	8.2	96.5	20.340	12.096	32.4	31224.73	3.12E+10
	3 & 4	16	-65	73	-40	8.2	96.5	6.710	4.016	10.7	10325.56	1.03E+10
	5A & 5B	67	119	73	93	8.2	96.5	27.570	64.162	91.7	88307.34	8.83E+10
	6A & 6B	48	44	73	2	8.2	96.5	35.864	0.000	35.9	34525.08	3.45E+10
B	1 & 2	18	-104	65	-43	40.0	56.074	14.234	8.572	22.8	21954.58	2.20E+10
	3 & 4	9	-71	65	-31	40.0	56.074	4.670	2.842	7.5	7231.21	7.23E+09
	5A & 5B	65	108	65	86	40.0	56.074	39.204	19.106	58.3	56133.09	5.61E+10
	6A & 6B	41	25	65	33	40.0	56.074	26.744	0.000	26.7	25745.56	2.57E+10

Load Case	Shog N/mm ²	Ssag N/mm ²	total stress range N/mm ²	s mean N/mm ²	f1*Sv N/mm ²	f1*Sh N/mm ²	Pex-amp			M		
							kNm	Nmm				
F	1 & 2	33	-122	73	-45	8.2	96.5	20.340	12.096	32.4	31224.73	3.12E+10
	3 & 4	16	-87	73	-35	8.2	96.5	6.710	4.016	10.7	10325.56	1.03E+10
	5A & 5B	67	119	73	93	8.2	96.5	27.570	64.162	91.7	88307.34	8.83E+10
	6A & 6B	48	44	73	46	8.2	96.5	35.864	0.000	35.9	34525.08	3.45E+10
B	1 & 2	37	-130	65	-46	40.0	56.074	14.234	8.572	22.8	21954.58	2.20E+10
	3 & 4	-9	-71	65	-40	40.0	56.074	4.670	2.842	7.5	7231.21	7.23E+09
	5A & 5B	65	108	65	86	40.0	56.074	39.204	19.106	58.3	56133.09	5.61E+10
	6A & 6B	41	-50	65	-4	40.0	56.074	26.744	0.000	26.7	25745.56	2.57E+10



f1	f2	f3	f4
-0.29	-0.47	0.14	0
0.19	0.78	0.92	0
-1.48	0.5	-0.64	0.72
0.94	0.4	0.72	0.04

0.134230769	0.689615385	0.946923077	0
0.655384615	0.496153846	0.596923077	0.178462

m	800.0	mm
m	14.44	m2
	82.25	

l _{blg}	3.8	m
bg	4.6875	mm
bf	100	mm
β	0.90625	
tfnet-50	11.30	mm
hstf	11	mm
twnet-50	320	mm
tpnet-50	11.37	mm
s	800	mm
η	265515.18	
λ	0.429	
dw	320.00	mm
Kd	1.15	
x	0.4	m
rp	0.43	

profil 320 x 12 HP tnet = 11.3

Nama bagian	Jml [n]	Lebar (mm) [b]	Tinggi (mm) [h]
320 x 12 HP - Web	1	320.00	11.30

Se							Si									
Znet50		ψ	Kn2	α2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		Znet50		ψ	Kn2	α2Ai
mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3	cm3						
4.56E+09	4.56E+06	1.80E-03	1.35	10.65	21.305	20.2	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.51E+09	1.51E+06	5.44E-03	1.35	10.64	21.278	20.1	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.29E+10	1.29E+07	6.36E-04	1.35	10.66	21.314	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
5.04E+09	5.04E+06	1.63E-03	1.35	10.65	21.306	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
3.20E+09	3.20E+06	2.56E-03	1.35	10.65	21.299	15.212	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
1.06E+09	1.06E+06	7.76E-03	1.35	10.63	21.260	15.184	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
8.19E+09	8.19E+06	1.00E-03	1.35	10.66	21.311	15.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65
3.76E+09	3.76E+06	2.18E-03	1.35	10.65	21.302	15.214	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65

Znet50		ψ	Kn2	α2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		Znet50		ψ	Kn2	α2Ai
mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3	cm3						
4.56E+09	4.56E+06	1.80E-03	1.35	10.65	21.305	20.2	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.51E+09	1.51E+06	5.44E-03	1.35	10.64	21.278	20.1	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.29E+10	1.29E+07	6.36E-04	1.35	10.66	21.314	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
5.04E+09	5.04E+06	1.63E-03	1.35	10.65	21.306	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
3.20E+09	3.20E+06	2.56E-03	1.35	10.65	21.299	15.212	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
1.06E+09	1.06E+06	7.76E-03	1.35	10.63	21.260	15.184	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
8.19E+09	8.19E+06	1.00E-03	1.35	10.66	21.311	15.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65
3.76E+09	3.76E+06	2.18E-03	1.35	10.65	21.302	15.214	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65

Znet50		ψ	Kn2	α2Ae	Se 2 sigma Ae	f*Se	Pin-amp			M		Znet50		ψ	Kn2	α2Ai
mm3	cm3						kNm	Nmm	mm3	cm3						
4.56E+09	4.56E+06	1.80E-03	1.35	10.65	21.305	20.2	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.51E+09	1.51E+06	5.44E-03	1.35	10.64	21.278	20.1	17.718	17.718	35.436	34113.06	3.41E+10	4.98E+09	4.98E+06	1.65E-03	1.35	10.65
1.29E+10	1.29E+07	6.36E-04	1.35	10.66	21.314	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
5.04E+09	5.04E+06	1.63E-03	1.35	10.65	21.306	20.2	20.013	0.000	20.013	19265.59	1.93E+10	2.81E+09	2.81E+06	2.91E-03	1.35	10.65
3.20E+09	3.20E+06	2.56E-03	1.35	10.65	21.299	15.212	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
1.06E+09	1.06E+06	7.76E-03	1.35	10.63	21.260	15.184	20.432	20.432	40.864	39338.41	3.93E+10	5.74E+09	5.74E+06	1.43E-03	1.35	10.65
8.19E+09	8.19E+06	1.00E-03	1.35	10.66	21.311	15.221	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65
3.76E+09	3.76E+06	2.18E-03	1.35	10.65	21.302	15.214	23.077	0.000	23.077	22215.73	2.22E+10	3.24E+09	3.24E+06	2.53E-03	1.35	10.65

$1+m/\xi$	3.67
$1+(m+\Delta m)/\xi$	5.45

Fatigue Damage (D)
Palmgren - Miner's
Weibull Distribution

















$$DM = \frac{\alpha_i \cdot N_L}{K_2} \frac{S_{Ri}^m}{(\ln N_R)^{m/\xi}} \mu_i \Gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}\right)$$




Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	̂i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m+\Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\mu_i =$	D
21.306	0.0	20	-53	51.7505	5.93666	3.769339253	37.69010817	0.45002	0.04451
21.306	0.0	29	-44	55.3237	5.50781	3.720070472	36.11082585	0.50008	0.06043
21.297	0.0	73	0	72.822	4.0453	3.353097972	26.93006473	0.71916	0.19821
21.297	0.0	77	4	73	4.04643	3.268913535	25.24154758	0.70485	0.19412
21.308	0.991	11	-54	43.8371	7.15282	3.103291844	22.22687505	0.38845	0.02335
21.308	0.991	16	-49	45.8137	6.8072	3.185000985	23.66726733	0.39529	0.02713
21.299	0.990	73	7	68.3187	4.34593	2.409858132	12.71158785	0.62793	0.1429
21.299	0.990	31	-35	51.5101	5.96778	2.841492725	18.12907638	0.47538	0.04637
									0.737023

Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	̂i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m+\Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\mu_i =$	D
21.306	0.0	-8	-81	40.4256	7.83412	3.823151834	39.57662028	0.29398	0.01386
21.306	0.0	-4	-77	42.0884	7.48741	3.930916834	44.19595821	0.32042	0.01705
21.297	0.0	129	56	73	4.04617	3.267948199	25.22284608	0.70476	0.19413
21.297	0.0	38	-34	59.0617	5.11791	3.435678029	28.70805966	0.5307	0.07803
21.308	0.991	-10	-75	35.3045	9.12119	3.240111052	24.689631	0.30715	0.00965
21.308	0.991	2	-63	40.0645	7.91345	3.194616737	23.84257868	0.34805	0.01597
21.299	0.990	119	53	65	4.55908	2.242755219	10.96797888	0.62147	0.12445
21.299	0.990	66	0	65.5372	4.55359	2.375058891	12.33392729	0.6117	0.12289
									0.576024

Se 2 sigma Ai	f*Se	s tensile	s compression	Sri	̂i	$\gamma\left(1 + \frac{m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\gamma\left(1 + \frac{m+\Delta m}{\xi}, \nu_i\right)$	$\mu_i =$	D
21.306	0.0	-8	-81	40.4256	7.83412	3.823151834	39.57662028	0.29398	0.01386
21.306	0.0	1	-72	44.0332	7.11707	3.839531573	40.19271462	0.34196	0.02084
21.297	0.0	129	56	73	4.04617	3.267948199	25.22284608	0.70476	0.19413
21.297	0.0	82	9	73	4.04643	3.267948199	25.22284608	0.7047	0.19408
21.308	0.991	-14	-79	33.8411	9.56527	3.15022232	23.04360381	0.3125	0.00864
21.308	0.991	-7	-73	36.3773	8.81966	3.397332985	27.86633416	0.29165	0.01002
21.299	0.990	119	53	65	4.55908	2.242755219	10.96797888	0.62147	0.12445
21.299	0.990	28	-37	50.6495	6.08176	2.720143633	16.45647302	0.48273	0.04476
									0.610777

MODIFIKASI SAMBUNGAN

No.	Sambungan	Tipe struktural awal		Fatigue Life	Tingkat perlu modif	Tipe struktural awal		Panjang kampuh Las (m)	Jumlah Sambungan	Material Tambahan (m2)	Total Material Tambahan (m2)	Berat Material Tambahan (ton)	Panjang Total Kampuh Las (m)
		Bracket	Ukuran Penegar			Bracket	Ukuran Penegar						
S1	Antara pembujur sisi & Sekat melintang 3		220 x 10 HP	13.06984979	0		220	0.586666667	270	0.022	0	0	0
							146.7						
							t = 10						
S2	Antara pembujur sisi & web transverse 47		220 x 10 HP	9.280075139	1		220	0.586666667	1650	0.022	35.49333333	2768.48	968
							146.7						
							t = 10						
S3	Antara pembujur Bottom & Sekat melintang 33		320 x 12 HP	12.94598128	0		320	0.853333333	234	0.046	0	0	0
		Penegar	BF 1200*1500*12.0*				213.3						
		Bracket	150*12.0				t = 12						
		d	1500										
		dw	500										
		1.5dw	750										
S4	Antara pembujur Bottom & web transverse 3		320 x 12 HP	11.08942269	0		320	0.752941176	1430	0.035	0	0	0
							188.2						
							t = 12						
S5	Antara pembujur deck & web transverse 47		220 x 12 HP	10.74237056	0		220	0.586666667	1760	0.022	0	0	0
							146.7						
							t = 12						
S6	Antara pembujur deck & Sekat Melintang 17		220 x 12 HP	11.36088146	0		220	0.586666667	288	0.022	0	0	0
		Penegar	BF 900*				146.7						
		Bracket	900*11.5*130*12.0				t = 12						
		d	900										
		dw	325										
		1.5dw	487.5										
S7	Antara pembujur sekat memanjang & Sekat melintang 3		220 x 10 HP	9.157070846	1		220	0.586666667	153	0.022	3.2912	256.7136	89.76
							146.7						
							t = 10						
S8	Antara pembujur sekat memanjang & web transverse 3		220 x 10 HP	9.157070846	1		220	0.586666667	935	0.022	20.1128889	1568.805333	548.5333333
							146.7						
							t = 10						

S9	Antara pembujur Inner Bottom & Sekat melintang 17		19.80482421	0		252	0.046	0	0	0	
		Penegar									320 x 12 HP
		Bracket									BF 900* 900*11.5* 130*12.0
		d									900
		dw									325
		213.3	320	t = 12							
S10	Antara pembujur Inner Bottom & Solid Floor 3	 475*12.5*120*30.0 320 x 12 HP	17.53125069	0		0.853333333	1540	0.046	0	0	0
S11	End connection pada web transverse 49										
Plate	Keel Plate	Criteria = accepted		0	t = 16					0	0
	Bottom Plate	Criteria = accepted		0	t = 13					0	0
	Inner Bottom Plate	Criteria = accepted		0	t = 11.9					0	0
	Side Shell Plate	Criteria = accepted		0	t = 10.2					0	0
	Inner Side Shell Plate	Criteria = accepted		0	t = 10.625					0	0
	Deck Plate	Criteria = accepted		0	t = 10.625					0	0
	Long. Bulkhead Plate	Criteria = accepted		0	t = 10.625					0	0
	Bottom Girder Plate	Criteria = accepted		0	t = 9.775					0	0
	Wrang Plate	Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
	Face Plate Long.Bulkhead	Criteria = accepted		0	t = 12.75					0	0
	Face Plate Wing Tank	Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
	Side Stringer	Criteria = accepted		0	t = 8.925					0	0
	Face Plate Strong Beam	Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
Trans.Bulk	Plate 11.5 mm	Criteria = accepted		0	t = 9.775					0	0
	Plate 13 mm	Criteria = accepted		0	t = 11.05					0	0
	Plate 13.5 mm	Criteria = accepted		0	t = 11.475					0	0
	Plate 14 mm	Criteria = accepted		0	t = 11.9					0	0
	Plate 14.5 mm	Criteria = accepted		0	t = 12.325					0	0
	Plate 15 mm	Criteria = accepted		0	t = 12.75					0	0
	Plate 15.5 mm	Criteria = accepted		0	t = 13.175					0	0
Longitudin	SIDE SHELL LONGITUDINAL	Criteria = accepted		0	t = 8.5					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 8.5					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 8.5					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 8.5					0	0
		Criteria = -		0	t = 0					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
		Criteria = -		0	t = 0					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 10.2					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 10.2					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
		Criteria = -		0	t = 0					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
	INNER SHELL BULKHEAD LONGITUDINALS	Criteria = accepted		0	t = 8.6					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 8.6					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 8.6					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 8.6					0	0
		Criteria = -		0	t = 0					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
		Criteria = accepted		0	t = 9.35					0	0
		Criteria = -		0	t = 0					0	0

INNER BOTTOM LONGITUDINALS	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	Criteria = accepted	0	t = 10.2	0	0	
	JUMLAH				4593.998933	1606.293333

HARGA BELI KAPAL

\$31.100.000,0

1. Biaya Material

No.	Uraian Material	Fungsi Material	Travel Speed (m/s)	Total Time (day)	Jumlah Unit	Harga Satuan	Total Harga (USD)
Material Langsung							
1	Pelat	Replating			0,00	0,87	\$0
2	Kawat Las	Joinning	0,1	0	0,00	10,44	\$0

Material Tidak Langsung

1	Gas Oxygen-acetyllen	Cutting	0,09	0	0,00	8,70	\$0
---	----------------------	---------	------	---	------	------	-----

2. Biaya Tenaga Kerja

No.	Golongan	Gaji/bulan	Gaji/hari	Gaji Konversi
1	tukang cutting 1	Rp2.700.000	Rp135.000	\$0
2	tukang cutting 2	Rp2.200.000	Rp110.000	\$0
3	tukang blasting	Rp2.700.000	Rp135.000	\$0
4	tukang marking 1	Rp2.700.000	Rp135.000	\$0
5	tukang marking 2	Rp2.200.000	Rp110.000	\$0
6	tukang straightening	Rp2.700.000	Rp135.000	\$0
7	tukang bending	Rp2.700.000	Rp135.000	\$0
8	welder 1	Rp2.700.000	Rp135.000	\$0
9	welder 2	Rp2.200.000	Rp110.000	\$0
10	fitter 1	Rp2.700.000	Rp135.000	\$0
11	fitter 2	Rp2.200.000	Rp110.000	\$0
12	transporter	Rp2.700.000	Rp135.000	\$0
13	qc 1	Rp3.200.000	Rp160.000	\$0
14	qc 2	Rp2.700.000	Rp135.000	\$0

Biaya Konversi

\$0

Harga FSO

\$31.100.000

Rp311.000.000.000

Kurs dollar per 16 April 2014	11497
-------------------------------	-------

Gas Oxygen-acetyllen	2000	bar	
2000		100000	rupiah
2000		30	meter

Kawat Las

1		20	pack
1		120000	rupiah
1		5	kg
5		20	m

PRODUCT PRICE DEVELOPMENT ID: 229

Type	Dwt	Built	03.02	03.03	01.04	02.04	03.04
MT*	45 000	NB	25.5	28.0	31.0	33.0	34.0
MT*	40 000	5 yrs	24.5	25.5	29.5	30.5	31.0
MT	30 000	10 yrs	11.2	11.0	12.0	12.0	13.0
MT	30 000	15 yrs	8.0	7.0	8.5	9.0	9.0
PC	30 000	89/90	10.5	9.0	9.0	9.5	9.5
PC*	35 000	00/01	27.5	26.8	28.0	30.5	31.5
PC	40 000	81/82	6.5	5.0	5.0	5.0	5.0
PC	40 000	89/90	13.7	12.0	11.5	12.0	12.0
PC*	45 000	94/95	23.5	23.0	24.5	25.0	25.0
PC*	45 000	00/01	29.0	29.0	31.5	32.0	34.0
PC*	70 000	87/88	18.0	17.0	17.0	18.0	18.0
MT*	70 000	92/93	19.7	19.0	21.5	22.5	24.0

*Double Hull

© Fearnleys

CAP	Tahun	Price
1	00/01	\$31.100.000,0
2	94/95	\$24.200.000,0
3	89/90	\$12.240.000,0
Non-CAP	81/82	\$5.300.000,0