TUGAS AKHIR – MO 141326

ANALISIS KEKUATAN RISER GUARD PADA PLATFORM WHP-B AKIBAT TUBRUKAN KAPAL.

Edwina Santoso

NRP. 4314 100 124

Dosen Pembimbing

Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T. ,M.T.

Agro Wisudawan S.T. , M.T.

Departemen TeknikKelautan

Fakultas TeknologiKelautan

InstitutTeknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018

FINAL PROJECT – MO 141326

STRENGTH ANALYSIS OF RISER GUARD AT WHP-B PLATFORM DUE TO SHIP IMPACT

Edwina Santoso

NRP. 4314 100 124

Supervisor

Dr. Eng. Rudi Walujo Prastianto, S.T. ,M.T.

Agro Wisudawan S.T. , M.T.

Department of Ocean Engineering

Faculty of Marine Technology

InstitutTeknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KEKUATAN RISER GUARD PADA PLATFROM WHP-B AKIBAT TUBRUKAN KAPAL

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

EDWINA SANTOSO
NRP. 04311440000124

Disetuji oleh:

1 Dr.Eng Rudi Walujo Prastianto, ST, M.T. (Pembimbing 1)

……………………………………………………………………

2. Agro Wisudawan S.T, M.T (Pembimbing 2)

……………………………………………………………………

3. Ir. J. J. Soedjono, M.Sc. (Penguji 1)

……………………………………………………………………

4. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. (Penguji 2)

……………………………………………………………………

Surabaya, Juli 2018

ANALISIS KEKUATAN RISER GUARD PADA PLATFROM WHP-B AKIBAT TUBRUKAN KAPAL

Nama Mahasiswa	:Edwina Santoso
NRP	: 04311440000124
Departemen	: Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Dosen Pembimbing	: Dr.Eng Rudi Walujo Prastianto, ST, MT Agro Wisudawan S.T, M.T

ABSTRAK

Analisis yang dilakukan pada struktur WHP-B didasari karena adanya penambahan sruktur riser guard baru karena adanya penambahan riser, akibat dari penambahan sumber eksploitasi reservoir yaitu WHP-D dan WHP-C. Tujuan dari analisis adalah mengethui apakah model riser guard memenuhi syarat, dari nilai energi dissipation atau energi yang mampu diserap oleh struktur, terhadap beban tubrukan kapal yang divariasikan dari kecepatan 1m/s dan 1.5 m/s, dan variasi tubrukan yaitu 0^0 - 80^0. Selain energi yang mampu diserap dilihat juga defleksi maksimum, dari analisis collapse. Setelah analisis kekuatan struktur menyerap energi tubrukan kapal, diakhiri analisis statis terhadap beban lingkungan 1 tahun dan 100 tahun, setelah terdapat cacat pada bracing kaki jacket dan pada member riser guard. Analisis menggunakan analisis ship impact pada SACS 5.6 untuk mendapatkan kedalman denting, dimana inputnya merupakan displacement kapal, kecepatan tubrukan dan sudut tubrukan. Hasil dari analisis denting terbesar dibentuk pada sudut 50^0 yaitu 1.48 in. Untuk energi dissipation yang paling besar adalah 7,247.81 kip in. Defkesi terbesar adalah -7.91042 m arah –y. Unity check terbesar adalah 0.46 untuk operation condition.

Kata Kunci : Dent, Energi Dissipation, riser guard,.

STRENGTH ANALYSIS OF RISER GUARD AT WHP-B PLATFORM DUE TO SHIP IMPACT

Name	: Edwina Santoso
Reg	: 04311440000124
Department	: Ocean Engineering Faculty of Marine Technology Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Supervisor	: Rudi Walujo Prastianto, ST, MT, Dr.Eng Agro Wisudawan S.T, M.T

ABSTRACT

The analysis of WHP-B platform was based on adding the new riser and riser guard due to the new line of exploitation at WHP-C and WHP-D platform. The aims of analysis is to verify the ability of riser guard to resist a boat impact in normal and accidental ship collision. The parameter of the riser guard ablity are the maximum energy was absorbed by riser guard with the variation of speed of collision (1m/s and 1.5 m/s) and degree of collision (0^0-80^0), the maximum deflection of member on collpase analysis, and the maximum unity check on post damaged analysis with 1-year period enviromental and 100-year period enviromental. The analysis was perfomed by ship impact analysis to obtain the denting depth. Denting is the local plastis deformation due to the ebsorbed impact energy. The input of ship impact analysis is the ship displacement, the speed of collision, and degree of collision. Theres two of model of riser guard that would be analysed, one was the model from the owner requirement, and the modification model. The maximum dent depth is 1.48 in was formed on 50^0 degree os collision,for the maximum energy dissipation is 7,247.81 kip in. The maximum deflection is -7.91042 m, in –y direction. The maximum unity check is 0.46 untuk operation condition and storm condition. The conclusion is the exsiting model od riser guard is capable to resist the impact load.

Key : Dent, Energi Dissipation, riser guard,.

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji dan syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan dengan baik dan lancar. Judul yang diambil pada Tugas Akhir ini adalah **“Analisis Kekuatan Riser Guard Terhadap Tubrukan Kapal”.**

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Studi Kesarjanaan (S-1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS). Tujuan akhir dalam pengerjaan Tugas Akhir ini yaitu untuk mengetahui respon gerak dinamis struktur setelah terkena tubrukan kapal dan menentukan tindakan mitigasi yang tepat untuk menekan peluang terjadinya kegagalan struktur akibat tubrukan kapal tersebut.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu masukan dalam bentuk saran dan kritik dari semua pihak yang bersifat membangun sangat penulis harapkan sebagai penyempurnaan untuk penulisan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi perkembangan dalam bidang teknik kelautan, bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.
Wassalamualaikum Wr. Wb

Surabaya, Juli 2018

Edwina Santoso

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pengerjaan tugas akhir ini penulis sangat berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik bantuan dan dorongan moral maupun material secara langsung maupun tidak langsung. Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ayah dan Ibu penulis tercinta yang telah membesarkan dan mendidik penulis, terima kasih atas segala dukungan dan kepercayaan yang telah diberikan selama ini.
2. Bapak Rudi Walujo Prastianto, ST, MT, Dr.Eng dan Bapak Agro Wisudawan S.T, M.T, kedua pembimbing penulis yang telah sabar membimbing hingga laporan tugas akhir ini selesai, terima kasih atas ilmu dan waktunya.
3. Bapak Prof. Ir. Eko B. Djatmiko, M.Sc., Ph.D yang telah menjadi dosen wali penulis selama masa perkuliahan, terima kasih atas bimbingan, nasehat serta kesabarannya.
4. Bapak Rudi Walujo P. dan Bapak Yoyok Setyo H. selaku Kajur dan Sekjur TekNik Kelautan, semua Bapak dan Ibu dosen serta karyawan Jurusan TekNik Kelautan, terimakasih atas bantuannya selama ini.
5. Dan semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Terima kasih atas seluruh bantuan yang telah diberikan, semoga mendapat balasan yang terbaik dari Allah SWT.

Surabaya, Juli 2018

Edwina Santoso

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .... **i**
LEMBAR PENGESAHAN .... Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK .... **iv**
ABSTRACT .... **v**
KATA PENGANTAR .... **vi**
UCAPAN TERIMA KASIH .... **vii**
DAFTAR ISI .... **viii**
Daftar Gambar .... **x**
Daftar Tabel .... Error! Bookmark not defined.
BAB I PENDAHULUAN **1**
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Tugas Akhir 3
1.4 Manfaat Tugas Akhir 3
1.5 Batasan Masalah 3
1.6 Sistematika Penulisan 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI **5**
2.1 Tinjauan Pustaka 5
2.2 Dasar Teori 6
2.2.1. Tubrukan Kapal 6
2.2.2 Langkah utama analisis 7
2.2.3 Impact Energy 7
2.2.5 Damage assessment 7
2.2.6 Denting 8
2.2.7 Analisis Linear Statik 8
2.2.8 Analisis Non-linear Statik 9
2.2.9 Energi Terserap Oleh Jacket Deformation 9
2.2.10 Energi Terserap Oleh Bending Plastis 10
2.2.11 Plastic Strain 10
2.2.12 Energy Dissipation 11
2.2.13 Post Damage Analysis 11
2.2.14 Ultimate Strength 11

2.2.15 Kekakuan 12
2.2.16 Konsep Tegangan 12
2.2.17 Kriteria Tegangan Ijin 13
BAB III METODOLOGI PENELITIAN 17
3.2 Penjelasan Diagram Alir 19
3.3 Pengumpulan Data 20
3.4 Data Supply Vessel 20
3.5 Permodelan Struktur dengan SACS 20
3.6 Syarat Batas 23
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN 25
4.1 Analisis Kekakuan 25
4.3 Analisis Ship Impact 27
4.4Energi Terserap oleh Jacket Deformation 32
4.5 Energi Terserap oleh Bending Plastis 36
4.6 Energi Dissipation 39
4.7 Defleksi 43
4.8 Analisis Inplace Sebelum Cacat 45
4.9 Analisis Post Impact Damage 1 –Year Return Period Enviroment 46
4.10 Analisis Post Impact Damage 100 –Year Return Period Enviroment 48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 53
5.1 Kesimpulan 53
5.2 Saran 53
Daftar Pustaka 54
LAMPIRAN A Input Ship Impact Analysis dan Collapse Analysis
LAMPIRAN B Output Ship Impact Anlysis dan Collpase Analysis

Daftar Gambar

Gambar 1.1.Skema Letak Platform WHP-B 2

Gambar 2.1. Sketsa contoh sturuktur Boat Landing (Sumber: Reedy, 2012)..........5

Gambar 2.2 Rangkaian pembabanan untuk analisis tegangan sisa akibat beban lingkungan (Sumber: Rafiudin, 2008) 9

Gambar 3.1.Diagram Alir Peelitian... 17

Gambar 3.2 .Diagram Alir Penelitian (Lanjutan).. 18

Gambar 3.3 Struktur WHP-B 21

Gambar 3.4 Struktur Riser Guard WHP-B..21

Gambar 3.5 Struktur WHP-B Modifikasi..22

Gambar 3.6 Struktur Riser Guard WHP-B Modifikasi...22

Gambar 3.7 Board Side Impact..23

Gambar 3.8 Side Impact...23

Gambar 3.9 Elevasi Tubrukan 24

Gambar 3.10 Sudut Tubrukan 24

Gambar 4.1 Kekakuan Struktur (Sumber: Craig, 1981).......................................25

Daftar Tabel

Tabel 4. 1Tabel Hasil Perhitungan Kekakuan Model Eksisting 25
Tabel 4. 2: Tabel Hasil Perhitungan Kekakuan Model Modifikasi 26
Tabel 4. 3: Tabel Hasil Perhitungan Energi Tubrukan Kapal.............................. 26
Tabel 4. 4: Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1m/s di minimum water depth.. 27
Tabel 4. 5: Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth.. 28
Tabel 4. 6. : Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1m/s di minimum water depth Pada Struktur Modifikasi.. 29
Tabel 4. 7: Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth Pada Struktur Modifikasi.. 29
Tabel 4. 8: Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1 m/s di maximu water depth.. 30
Tabel 4. 9: Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1.5 m/s di maximu water depth.. 30
Tabel 4. 10. : Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1 m/s di maximu water depth Struktur Modifikasi 31
Tabel 4. 11: Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1.5 m/s di maximu water depth Struktur Modifikasi 31
Tabel 4. 12: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1 m/s di minimum water depth 32
Tabel 4. 13: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth 33
Tabel 4. 14: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1 m/s di minimum water depth 33
Tabel 4. 15: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth 34
Tabel 4. 16: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1 m/s di maksimum water depth 34
Tabel 4. 17: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1.5 m/s di maksimum water depth 35
Tabel 4. 18: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1 m/s di maksimum water depth 35
Tabel 4. 19: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1.5 m/s di maksimum water depth 36
Tabel 4. 20: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1 m/s di minimum water depth 37
Tabel 4. 21: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth... 37

Tabel 4. 22: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1 m/s di minimum water depth (modifikasi).. 37
Tabel 4. 23: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth (modifikasi).. 38
Tabel 4. 24: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1 m/s di maksimum water depth 38
Tabel 4. 25: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1.5 m/s di maksimum water depth 38
Tabel 4. 26: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1 m/s di maksimum water depth (modifikasi.. 39
Tabel 4. 27: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1.5 m/s di maksimum water depth (modifikasi).. 39
Tabel 4. 28: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1 m/s di minimum water depth 40
Tabel 4. 29: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth 40
Tabel 4. 30: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1 m/s di minimum water depth (modifikasi)... 40
Tabel 4. 31: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth (modifikasi).. 41
Tabel 4. 32: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1 m/s di maksimum water depth 41
Tabel 4. 33: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1.5 m/s di maksimum water depth 42
Tabel 4. 34: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1 m/s di maksimum water depth (modifikasi) 42
Tabel 4. 35: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1.5 m/s di maksimum water depth (modifikasi) 42
Tabel 4. 36: Nilai Defleksi Eksisting 43
Tabel 4. 37: Nilai Defleksi Modifikasi 44
Tabel 4. 38: Nilai UC Operasional... 45
Tabel 4. 39: Nilai UC Operasional 1m/s min wd... 46
Tabel 4. 40: Nilai UC Operasional 1m/s maks wd... 47
Tabel 4. 41: Nilai UC Operasional 1.5 m/s min wd... 47
Tabel 4. 42: Nilai UC Operasional 1.5 m/s maks wd... 48
Tabel 4. 43: Nilai UC Storm 49
Tabel 4. 44: Nilai UC Storm 1m/s maks wd 49
Tabel 4. 45: Nilai UC Storm 1.5 m/s min wd 50
Tabel 4. 46: Nilai UC Storm 1.5 m/s maks wd 50

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Riser adalah pipa konduktor yang berfungsi untuk menguhubungkan suatu bangunan terpancang maupun terapung dengan wellhead atau sumur produksi minyak dan gas yang berada pada seabed (dasar laut), dan berfungsi sebagai fasilitas pengalir fluida yang keluar dari wellhead menuju anjungan. Oleh karena itu dalam mendesain letak dari riser selain perlu ditempatkan pada posisi yang aman, juga perlunya memberikan pelindung yang disebut riser guard, riser guard sendiri umumnya digunakan untuk melindungi riser dari tubrukan kapal.(HSE, 2004).

Karena tubrukan antara kapal dengan struktur merupakan kejadian yag bahaya, dapat menyebabkan berbagai macam kerusakan pada struktur dan kecelakaan pada personel di platform, sekitar terdapat 172 kasus yang terjadi di wilayah North Sea pada sekitar tahun 1975 – 1986, dari sejumlah kejadina tersebut sebanyak 113 kasus terjadi akibat tubrukan supply boat dengan jacket selama proses instalasi ataupun maintenence (Kenny 1988).

Dalam eksploitasi lepas pantai, seringkali supply vessel singgah ke platform, kecepatan vessel saat singgah ke platform dapat dengan kecepatan operasional atau dengan kecepatan accidental yang tergantunng pada kondisi cuaca saat akan berlabuh. Menurut API RP2A spesikikasi kecepatan operasional yaitu 0,5 m/sec dan accidental speed 2 m/sec(Nallayarasu, 2012).

Tujuan dari analisis dampak tubrukan kapal adalah :

1. Normal impact : untuk memastikan kecukupan pada jacket leg dan brace pada bagian splash zone bahwa dapat menyerapenergi yag diberikan oleh vessel yang diperkirakan akan beroperasi dengan kecepatan normal.
2. Accidental impact : untuk memastikan kecukupan pada jacket leg dan brace pada splash zone bahwa dapat menyerap energi yang diberikan oleh vesse yang beroperasi dengan kecepatan accidental.
3. Post impact strength : untuk memastikan memnuhinya platform yang sudah rusak untuk beroperasi satu tahun setelah mendapat tubrukan kapal.

Pada penilitian kali ini akan dilakukan pada platform milik SAKA Indonesia Pangkah Limited yaitu WHP-B, platform ini berlokasi di Ujung Pangkah Field,

berfungsi memproduksi minyak dan gas, dan akan dikirim ke CPP untuk proses pemisahan dan proses pumping. Setelah minyak dan gas diproses di CPP, selanjutnya akan di salurkan dengan pipa berdiamter 16” ke WHP-A dan diteruskan ke OPF (Onshore Processing Facilities) di Pangkah – Gresik dengan pipa berdiameter 18”.

Saat ini dikarenakan adanya penambahan eksploitasi reservoir di sekitar 3.6 km kearah utara dari Sidayu Field, yaitu pada platform WHP-D dan WHP-C berlokasi di Sidayu field, rencananya minyak dan gas hasil eksploitasi akan di kirimkan ke platform WHP-B dengan pipa, dan disalurkan ke platform CPP yang kemudian dikirimkan ke OPF. Untuk detail skema letak platform, ditunjukan di Gambar 1.1 dibawah ini.

Gambar 1.1.Skema Letak Platform WHP-B

Pada platform WHP- B ini akan ditambahkan tiga riser beserta penambahan riser guard. Penelitian ini akan melakukan analisis pada riser guard yang baru ditambahkan dengan mempertimbangkan impact load dari kapal yang bersandar. Analisis pada kasus ini berdasarkan analisis ultimate strength dengan bantuan SACS 5.6 dengan mode collapse analysis, hasil yang diharapkan pada analisis ini merupakan berapa defleksi maksimum pada riser guard sebelum member pada riser guard patah ataupun menghimpit riser, energi yang diserap oleh struktur riser guard, dan nilai UC dari analisis post damage analysis. Dari besar defleksi yang didapat apakah desain riser guard ini sudah memenuhi desain minimum, jika belum disarankan untuk redesign. Terdapat dua model yang akan dianalisis yaitu model eksisiting dan modifikasi.

Pada studi ini akan melakukan beberapa perhitungan, seperti perhitungan beban impact dengan dua kemungkinan saat accidental dan akibat beban luar seperti beban lingkungan. Denting, global deformation.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahn yang menjadi bahan kajian tugas akhir ini adalah :

1. Berapa Energi Dissipation pada member ?
2. Berapa defleksi maksimum dari analisis Ultimate Strength ?
3. Berapa nilai Unity Check tertinggi pada analisis Post Damage Analysis ?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

Dari perumusan masalah diatas, dapat diambil tujuan yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini adalah :

1. Mendapatkan besar Energi Dissipation pada member riser guard
2. Mendapatkan nilai defleksi maksimum dari analisis ultomate strength
3. Mendapatkannilai Unity Check tertinggi pada analisis Post Damage Analysis.

1.4 Manfaat Tugas Akhir

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan akan mengetahui perilaku struktur riser guard pada WHP-B jacket platfrom akibat tubrukan kapal dan energi dissipationnya.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Data supply vessel yang digunakan adalah berdasarkan data yang diberikan oleh perusahaan.
2. Analisis dilakukan pada dua macam kedalaman , yaitu HAT (Highest Astronomical Tide (HAT) dan Lowest Astronomical Tide
3. Tubrukan hanya terjadi pada riser guard.
4. Input beban pada SACS 5.6 hanya berupa beban impact.
5. Variasi yang diberikan merupakan variasi sudut tubrukan kapal, dan kecepatan tubrukan kapal.
6. Fender tidak dimodelkan.

1.6 Sistematika Penulisan

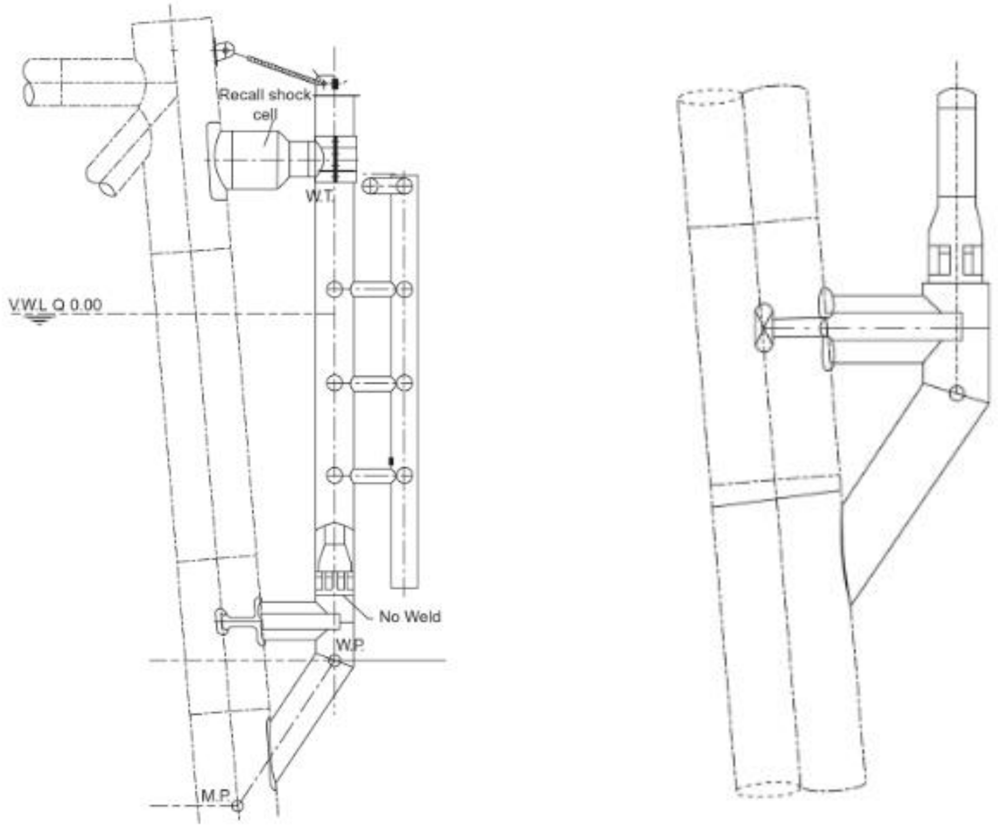
Sistematika penulisan dalam laporan tugas akhir ini adalah dimulai dari bab pertama (pendahuluan) yaitu menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan tugas akhir ini, manfaat yang diperoleh, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan laporan.

Kemudian dilanjutkan dengan bab dua (tinjauan pustaka dan dasar teori) dimana diutarakan tentang rujukan dan landasan penulis untuk menyelesaikan penelitian ini. Pada bab ketiga (metodologi penelitian) akan menjelaskan mengenai langkah-langkah pengerjaan dalam penyelesaian tugas akhir, beserta metode-metode yang digunakan. Bab selanjutnya adalah mengenai analisis dan pembahasan dilakukan terhadap hasil analisis dari struktur riser guard. Hasil dari penelitian ini akan menjadi dasar apakah desai riser guardini dapat menahan beban saat kapal bersandar atau tidak. Diakhiri dengan bab tentang kesimpulan dan saran dimana dijelaskan tentang kesimpulan yang didapat dari hasil analisis terhadap riser guard, serts tindak lanjut yang dapat dilakukan dari penelitian ini.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada kasus ini riser guard yang digunakan berfungsi sekaligus menjadi tempat berlabunhnya kapal atau boat landing, fungsinya ialah meredam beban tumbukan kapal saat bersandar ke offshore structure. Jika pada boat landinguntuk menyerap beban tumbukan saat bersandar, umumnya pada boat landing diberikan bemper, yang dapat terbuat dari ban. Penghubung antara jacket dengan boat landing dengan shock absorber, seperti yang terlihat pada Gambar 2.1, dibawah ini (Reedy, 2012).



Gambar 2.1. Sketsa contoh sturuktur Boat Landing (Sumber: Reedy, 2012)

Namun dalam mendesain riser guard ada sedikit perbedaan yaitu tidak adanya shock absorber, karena diestimasikan jarangnya terjadi kapal berlabuh dengan kecepatan accident, oleh karena itu desain dari riser guard ini berdasarkan plasticity. Untuk member pada riser guard sendiri didesain sampai batas plastis

dikarenakan kecelakaan akibat gagal menurunakan kecepatan minim pada bagian cross (Reedy, 2012).

Pada beberapa studi mengatakan bahwa analisis boat landing, dan riser guard cukup dengan metode nonlinear, dimana tergantung pada regangan dan denting yang terjadi pada member boat landing. Analisis nonlinear umumnya digunakan untuk mengetahui perilaku platfoorm dikarenakan beban tubukan saat kapal bersandar (Kumar, 2017).

2.2 Dasar Teori

2.2.1. Tubrukan Kapal

Menurut DNV RP-C204 beban tubrukan kapal dikategorikan sebagai energi kinetik, yang ditentukan oleh massa dari kapal, termasuk massa tambah hidrodinamis dan kecepatan kapal. Tergantung pada kondisi tubrukan, bagian dari energi kinetik mungkin akan tersisa sebagai energi kinetik setelah tubrukan. Sisa dari energi kinetik akan menghilang menjadi energi regangan padainstalasi, dan kemungkinan pada vessel. Umumnya melibatkan regangan plastis yang besar dan menyebabkan kerusakan struktur instalasi yang signifikan,pada kapal atau keduanya. Energi regangan diestimasikan dari hubungan deformasi-gaya untuk sub struktur dan kapal, dimana deformasi pada sub struktur memenuhi ductility dan stabilias. Efek pada struktur dari tubrukan kapal dapat di tentukan dengan analisis non linear dynamic finite element atau dengan gabungan pertimbangan energi denfan metode elastic-plastic (DNV RP C204,2010).

Sering kali integritas dari sub struktur dapat dinilai dari penilain simpel, dengan energi tubrukan. Jika perhitungang menggunakan bagian dari energi tubrukan, butuh untuk merubahnya sebagai energi regangan dapat dihitung dengan prinsip konservasi momentum dan konservasi energi (DNV RP C204,2010).

Dalam mempertimbangkan energi regangan hilang pada instalasi memebutuhkan tiga tahapan

a. Local cross section
b. Componet/ sub-structure
c. Total system

2.2.2 Langkah utama analisis

Dalam analisis tubrukan kapal terdapat tiga langkah utama, yaitu (Nallayarasu, 2012) :

a. Impact Local : analisis akibat untuk estimasi kerusakan pada member yang terkena tumbkan langsung oleh kapal.
b. Impact Global Analysis : analisis statis untuk memastikan bahwa jacket akan dapat bertahan dari gaya akibat tumbukan dengan aman. Pada analisis ini tegangan member dan joint diizinkan meningkat sampai batas yield sebagaimana gaya ini sementara.
c. Post Impact Analysis : analisis statis untuk verifikasi jika platfoorm mengalami kerusakan dapat bertahan dalam dengan satu tahun, dan seratus tahun beban lingkungan.

2.2.3 Impact Energy

Menurut API RP 2A WSD, energi kinetik dari vessel dapat di hitung dengan persamaan :

$$E = 0.5\ a\ m\ v^2 \qquad \text{.......... (2.1)}$$

Dimana :

E = energi kinetik dari vessel (KJ)
a = faktor massa tambah
= 1.4 untuk tubrukan boardside
= 1.1 untuk tubrukan bow/stern
m = displacement vessel (ton)
v = kecepatan kapal saat tubrukan (m/s)

2.2.5 Damage assessment

Dalam studi ini ada dua kasus yang diperhitungkan yaitu :

1. Impact (penyerapan energi dan kemampuan platform)
2. Post impact (platform dengan kriteria setelah tubruan)

Bagian utamanya adalah riser gurd didesain untuk menyerap energi saat tubrukan, dan mengontrol akibat dari tubrukan. Platfrom harus memiliki kekuatan sisa yang cukup untuk beroperasi dalam beban lingkungan satu tahunan, dengan tambahan beban operasional. Fokus utama nya adalah kerusakan yang dialami member dan joint setelah tubrukan ini, kerusakan pada member kemungkinan

karena kurang efektif pada area gelombang. Pada brace, setiap joint, dan member perlu di cek, untuk integritas struktur setelah impact load(Nallayarasu, 2012).

2.2.6 Denting

Beberapa penelitian sudah memebrikan penilaian umtuk kerusakan lokal pada tubular member, dengan hubungan antara gaya dan kedalaman cekungan yaitu dengan persamaan (Thapa Bahadur, 2016) :

$$P_d = 15\ M_p\ (X/t)^{1/2} \qquad \text{.......... (2.2)}$$

Sedangkan energi yang dihasilkan dari gaya denting tersebut didapat dengan persamaan :

$$Ed = 14\ M_p\ X^{3/2}\ t^{½} \qquad \text{.......... (2.3)}$$

Energi yang dibutuhkan untuk membentuk cekungan yang dibatasi oleh kedalaman, bisa disamakan dengan energi kinetik dari tubrukan kapal. (Thapa Bahadur, 2016).

Dimana :

P_d = gaya denting (kN)

M_p = kapasitas momen plastis dari dinding member yaitu

= $\frac{t^2\sigma_y}{4}$ (ksi)

D = diameter member (in)

R = raidus member (in)

t = ketebalam member

X = kedalaman cekungan (in)

2.2.7 Analisis Linear Statik

Analisis linear adalah analisis yang bertujuan untuk mengecek ultimate strength dan kriteria fatigue berdasarkan codes industri (seperti API RP 2A) menggunakan gaya internal member (Bai, 2003)

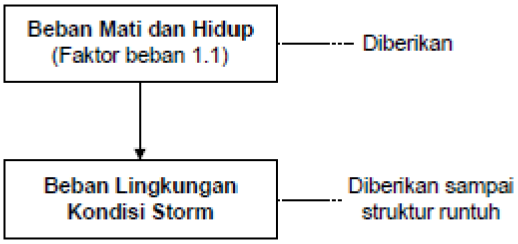
Analisis linear dilakukan dengan menghitung rasio tegangan. Struktur akan berperilaku linear, jika leleh pertama tidak dilampaui. Jika rasio tegangan lebih besar dari 1.0, berarti member atau join pada analisis melebihi kondisi linear sehingga perlu dilakukan analisis non-linear untuk mengetahui perilaku struktur platform (Rafiudin, 2008).

2.2.8 Analisis Non-linear Statik

Analisis non linear adalah analisis lemen hingga dari respon struktur terhadap beban mendadak (seperti tubrukan kapal, objek yang jatuh,, kebakaran, ledakan dan gempa) atau respon ekstrim akibat beban gelombang sebagai bagian dari penilaian ulang dari platform eksisting (Bai, 2003).

Analisis non-linear dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama, beban gravitasi diberikan pada struktur dan respon akibat gravitasi dihitung. Penyusunan rangka belum terlibat pada sistem kekakuan. Pada tahap ini, kekakuan struktur tetap linear (ISO 19902, 2007) .

Tahap kedua, beban lingkungan diberikan pada struktur. Penyusunan rangka diaktifkan (terlibat dalam sistem kekakuan), pola beban lingkungan bertahap, untuk setiap langkah, kekakuan struktur berkumpul dan penambahan perpindahan global dihitung. Penambahan elemen gaya dihitung dengan menggunakan kekakuan matrik tangensial dan penambahan perpindahan elemen. Pada setiap tingkat, sendiplastis diberikan pada elemen pada posisi dimana kapasitas telah dicapai. Metrik kekakuan modifikasi yang dihitung untuk sendi plastis,permukaab interaksi berpindah secara tangensial ke permukaan ini. Beban gelombang bertambah bertahap hingga beban lingkungan ekstrem didapat (ISO 19902, 2007).



Gambar 2.2Rangkaian pembabanan untuk analisis tegangan sisa akibat beban lingkungan (Sumber: Rafiudin, 2008)

2.2.9 Energi Terserap Oleh Jacket Deformation

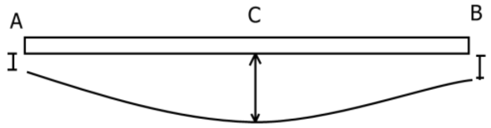
Beban berdasarkan beban akibat tubrukan yang diberikan pada jacket dan API mengecek untuk memastikan kekuatab jacket secara keseluruhan. Verifikasi diberikan dengan menambahkan allowable stress 1/3 saat jacket mengenai beban tubrukan dalam kondisi normal, dan verifikasi dinaikan untuk allowable stress sebesar 70 % jika jacket mengeni beban tubrukan saat accidental load. Untuk besar energi yang diserap oleh deformasi jacket ialah (Bahadur, 2016) :

$E_{deform} = Pd^2 / (2 \times K)$.......... (2.4)

Dimana :
Pd = adalah gaya denting (kN)
K = stiffness boatlanding (kN/m)
= F/Δ
= F adalah gaya yang diserap oleh joint , Δ adalah deformasi.

2.2.10 Energi Terserap Oleh Bending Plastis

Sisa energi yang diserap pleh deformasi bending plastis pada member yang terkena tubrukan ialah (Bahadur, 2016):



Ebend = 0.5 . P_d . D_d.......... (2.5)

Dimana :
P_d = gaya denting (kN)
D_d =displacement pada member yamg terdapat dent.

2.2.11 Plastic Strain

Panjang plastis diasumsikan dengan persamaan dibawah ini (Bahadur, 2016) :

$L_{plast} = \frac{L}{10}$.......... (2.5)
Plastic Elongation : ΔL = H sinθ.......... (2.7)

Batas plstic strain yaitu 15%, dibawah ini merupakan hubungan antara pastic length, platic elongation dan plastric strain :

$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_{Plast}} = \frac{10\Delta L}{L} \leq 15\%$.......... (2.8)

H : Tinggi beam (m)
L : panajng beam (m)

2.2.12 Energy Dissipation

Energi yang diserap oleh struktur global deflection merupakan perjumlahan dari beberapa energi yang diserap oleh struktur, selain itu besar dari energi ini haruslah lebih besar dari energi yang diberikan akibat tubrukan, dibawah in merukapan persamaannya(Amdahl, 1983).

$E_{diss} = E_{bend} + E_{deform} + E_{d}$.......... (2.9)

$E_{diss} > E$

Dimana :

E_{bend} : Energi terserap oleh bending plastis (kJ)

E_{deform} : Energi terserap oleh jacket deformation (kJ)

E_{d} : Energi terserap oleh denting (kJ)

2.2.13 Post Damage Analysis

Analisis setelah tubrukan atau, post impact redundancy analysis, merupakan analisis ini memberikan hasil mengecek struktur terhadap beban lingkungan seratus tahunan dengan semua beban gravitasi. Untuk memastikan bahwa struktur dapat berfungsi dengan baik untuk kurun waktu tertentu. Pada tahap ini tidak didesain untuk beban lingkungan seratus tahunan.Analisisinplace memberikan pengecekan integritas global (Nallayarasu, 2012).

Energi yang terkait berasal dari dua sumber non-linear (penyerapan energi karena deformasi lokal dari vessel dan jecket), elemen menggunakan memeber model yang terkena tubrukan, dan sisa dari struktur akan dihitung pada setiap penambahan langkah pada analisis dimana akan dengan efektif memberikan riwayat distribusi energi sebagai gaya tubrukan (Nallayarasu, 2012).

Beban tubrukan akan didapat daru jumlah energi regangan pada struktur dan vessel sama dengan energi kinetik dari supply vessel. Analisis rebound(unloading) akan memberikan beban tubrukan dihilangkan, ini akan memebrikan bentuk displacement terakhir dari struktur yang dapat digunakan sebagai titik inisial untuk analisis pushover post-impact (Nallayarasu, 2012).

2.2.14 Ultimate Strength

Kekuatan ultimate dari member dan sebuah sistem dihitung dalam penilaian kekuatan dengan mempertimbangkan kekuatan ultimate yang merupakan kapasias maksimum yang dimiiki struktur. Tidak ada tambahan beban yang dapat diberikan pada ultimate strength. Dibawah beban umum, buckling dan

yielding mendomunasi kekuatan ultimate saat tegangan tekan dominan, bagaimanapun juga hanya yelding yang mendominasi kekuatan ultimate saat tegangan tarik dominan. Saat ini hal yang umum untuk mendasain member struktur berbasis collapse olah bucling dan yielding. Alasan mengapa fenomena buckling terjadi antara lain karena adanya tekanan pada suatu sisi, dan selain itu karena baja tempa yang digunakan pada saat itu merupakan material ketas dan lemah terhadap beban tarik.

Untuk menilai kekuatan member struktur, secara teoritis perlu untuk analisis struktur dengan mempertimbangka buckling dan yielding . analisis seperti ini dikenal dengan analisis defleksi elastopalstic. Pada tahun 1970 analisis ini menggunakan metode elemen hingga, pada saat ini analisis ini umumnya menggunakan analisis collapse. (Yao dkk, 2006).

2.2.15 Kekakuan

Berdasarkan pengertiannya kekakuan adalah kemampuan suatu material untuk menerima tegangan atau beban tanpa mengakibatkan terjadinya deformasi atau difleksi. Kekakuan suatu struktur dapat dipengaruhi oleh jarak antar dasar ke struktur di elevasi diatasnya, selain itu dipengaruhi juga kekakuan bahan. Kekakuan bahan itu sendiri dipengaruhi oleh modulus elastisitas bahan dan ukuran member. Dan modulus elastisitas berbanding lurus dengan kekuatan bahan, maka semakin kuat bahan maka bahan tersebut juga semakin kaku.

$F = K \Delta x$ .... (2.10)

Dimana :

F : Gaya yang bekerja (kN)
K : kekauan
Δx : defleksi (m)

2.2.16 Konsep Tegangan

2.2.16.1 Tegangan Normal

Batang tubular yang mengalami pembebanan aksial sebesar Sx. Batang tersebut mempunyai luas penampang A. Maka tegangan yang terjadi pada batang tersebut sesuai dengan persamaan berikut ini :

$$F = \frac{S_x}{A} \quad \text{.......... (2.11)}$$

Dengan A adalah luas penampang melintang . Selain akibat beban aksial, tegangan aksial dapat diakibatkan juga oleh momen lentur murni akibat kopel M yang terjadi disetiap ujungnya. Tegangan yang diakibatkan dengan adanya momen disebut sebagai bending stress atau tegangan lentur.

Dimana :

y = jarak dari sumbu netral ke sembarag titik A pada penampang
I_Z = momen inersia bidang penampang melintang terhadap sumbu z.

2.2.16.2 Tegangan Geser

Batang penampang bulat juga dapat mengalami tegangan geser walaupun besar tidak begitu berarti. Penyebab paling besar terjadinya tegangan geser pada elemen penampang bulat seperti pada kaki struktur jacket adalah momen puntiran aksial. Tegangan maksimum yang terjadi pada permukaan luar batang dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma = \frac{T\,.R}{J} \qquad \text{.......... (2.12)}$$

J = momen inersia kutub
T = momen torsi terkonsentrasi
R = jari-jari penampang batang

Nilai J :

$J = \frac{\Pi}{2}\,(R_0^{\,4} – R_1^{\,4})$ untuk circular ring
$J = \frac{\Pi}{2}\,(R^4)$ untuk round bar

Tegangan geser yang berkerja pada penampang melintang lingkaran selalu berarah tegak lurus jari-jari mempunyai arah yang sama dengan momen puntir.

2.2.17 Kriteria Tegangan Ijin
2.2.17.1 Tegangan Tarik Aksial

Tegangan tarik ijin Ft menurut API RP 2A (2002), untuk member silinder ditentukan dari :

$$Ft = 0.6\ Fy \qquad \text{.......... (2.13)}$$

Dengan : Fy adalah kekuatan yield (Mpa)

2.2.17.2 Tegangan Tekan Aksial

1. Column Bending

   Tegangan ijin tekan aksial, Fa harus ditentukan dari formula AISC untuk member dengan perbandingan D/t kurang atau sama dengan 60 :

$$F_a = \frac{\left[1 - \frac{(Kl/r)^2}{2C_c^2}\right]F_y}{5/3 + \frac{3(Kl/r)}{8C_c} - \frac{(Kl/r)^3}{8C_c^3}} \text{ for } Kl/r < C_c \qquad \text{.......... (2.14)}$$

$$F_a = \frac{12\ \pi^2 E}{23(Kl/r)^2} \text{ for } Kl/r \geq C_c \qquad \text{.......... (2.15)}$$

$$C_c = \left(\frac{2\pi^2 E}{F_y}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad \text{.......... (2.16)}$$

Dimana :

Cc = modulus elastisitas, Ksi (Mpa)
E = Faktor Panjang Efektif
L = Panjang tanpa bracing, in
r = jari-jari girasi, in

untuk member dengan perbandingan D/t yang lebih besar dari pada 60, menggunakan formula Local Buckling.

2.2.17.3 Tegangan Bending

Tegangan ijin bending, Fb menurut API RP 2A (2002) dinyatakan :

$$\text{Fb} = 0.75 \text{ Fy untuk } \frac{D}{t} \leq \frac{1500}{Fy} \qquad \text{.......... (2. 17)}$$

$$\text{Fb} = \left[0.84 - 1.74\ \frac{FyD}{Et}\right]\text{Fy} \quad \text{untuk } \frac{1500}{Fy} < \frac{D}{t} \leq \frac{3000}{Fy} \qquad \text{.......... (2.18)}$$

$$\text{Fb} = \left[0.72 - 0.58\ \frac{FyD}{Et}\right]\text{Fy} \quad \text{untuk } \frac{3000}{Fy} < \frac{D}{t} \leq 300 \qquad \text{.......... (2.19)}$$

2.2.17.4 Kombinasi Tekan Aksial dan Bending Member Silinder

Pada API RP 2A WSD 2002 dapat dijelaskan bahwa member silinder ditujukan pada kombinasi antara kompresi dan regangan yang harus diproporsionalkan pada kedua persyaratan berikut :

$$\frac{fa}{Fa} + \frac{Cm\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{\left(1 - \frac{fa}{fe\prime}\right)Fb} \leq 1.0 \qquad \text{..........} \quad (2.20)$$

$$\frac{fa}{0.6\ Fy} + \frac{\sqrt{f_{bx}^2 + f_{by}^2}}{Fb} \leq 1.0 \qquad \text{..........} \quad (2.21)$$

Dengan :

Fa = tegangan aksial yang diijinkan , N
fa = tegangan aksial, N
Fb = tegangan bending yang di ijinkan, N
fb = tegangan bending
Cm = faktor reduksi

2.2.17.5 Tegangan Von Mises

Tegangan Von Mises yang terjadi dinyatakan melalui persamaan.

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}} \qquad \text{..........} \quad (2.22)$$

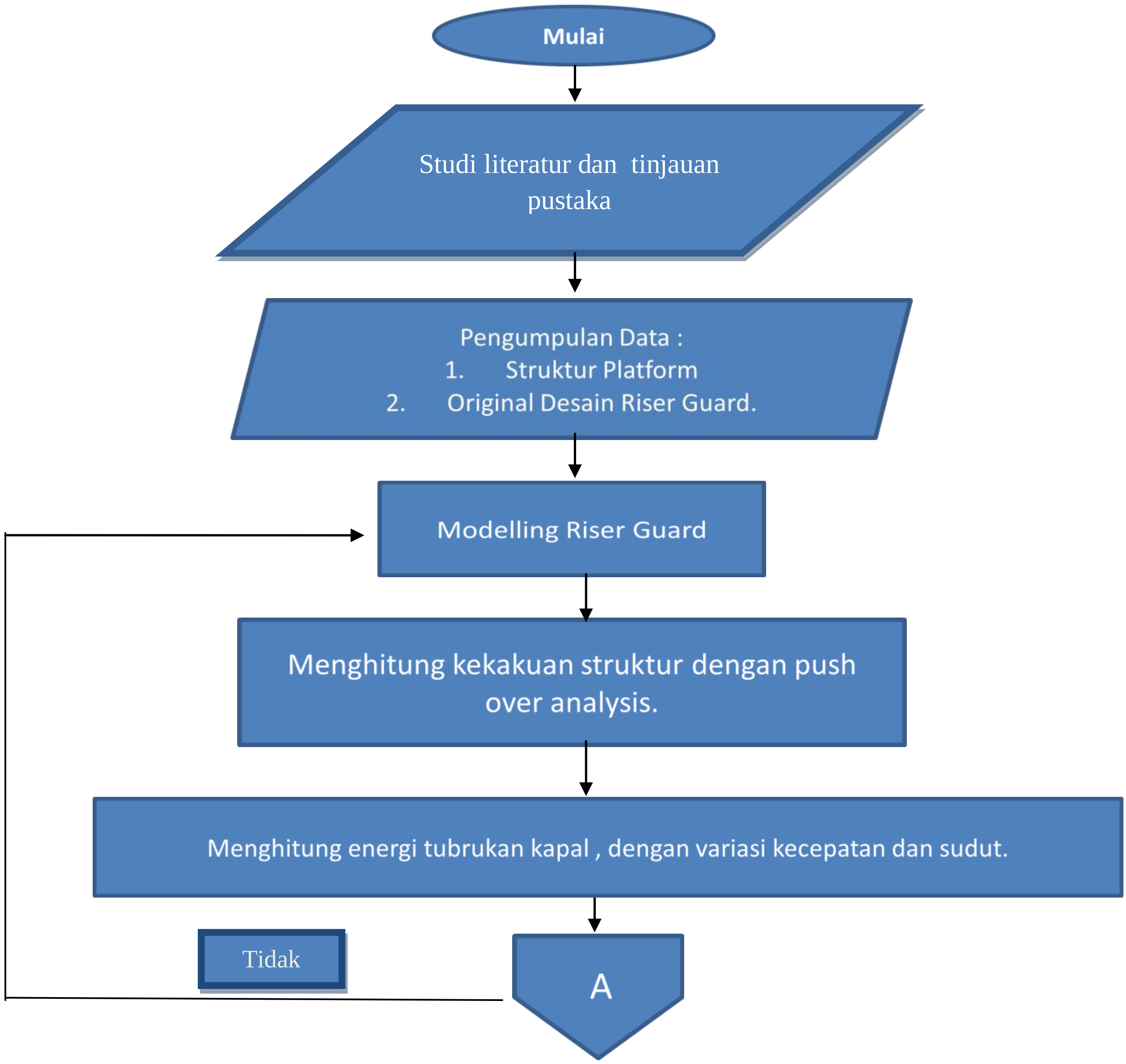
Dimana :
σ_1 = tegangan sumbu x, Pa
σ_2 = tegangan sumbu y, Pa
σ_3 = tegangan sumbu z, Pa

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

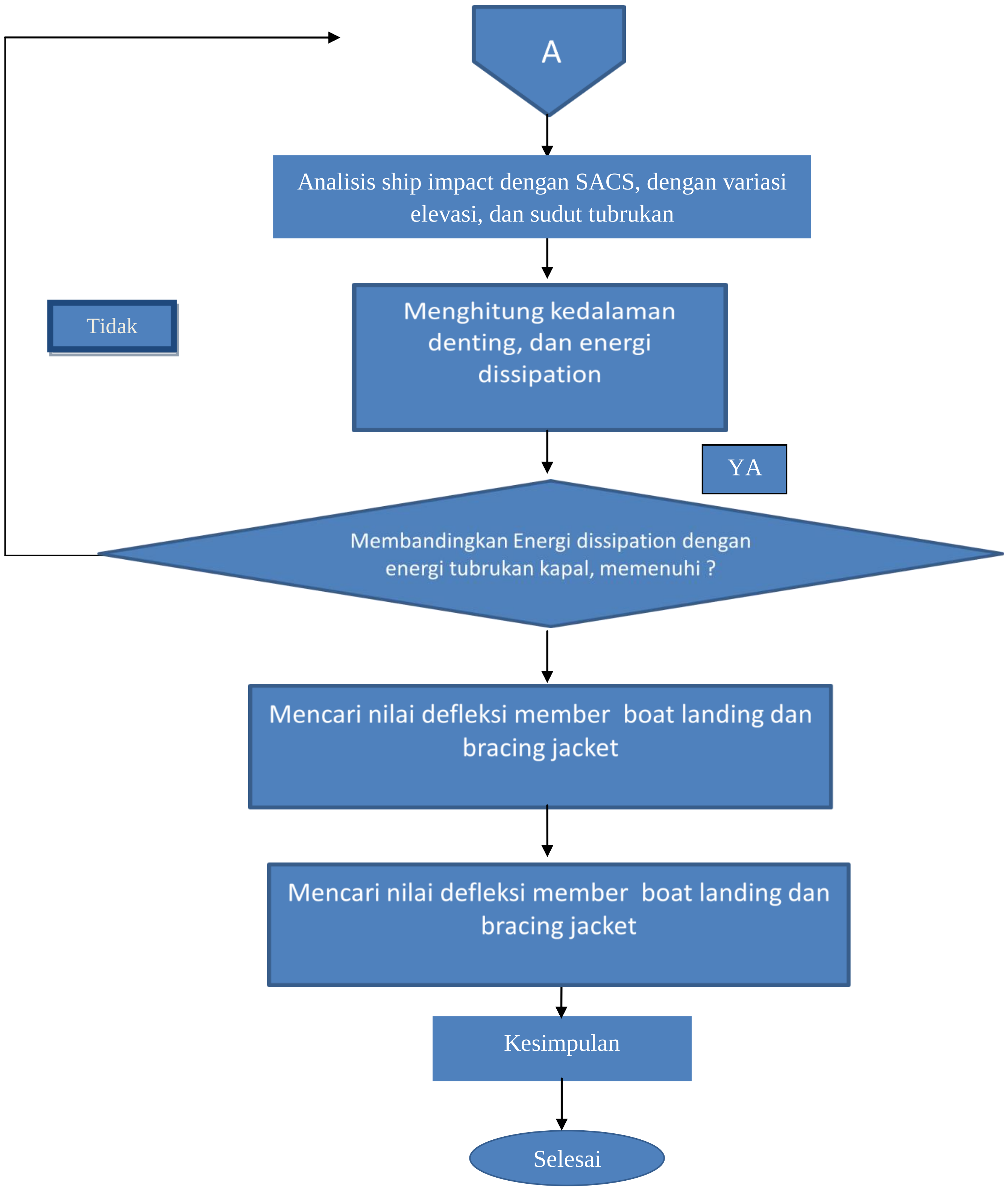
BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Pada bab ini akan di uraikan langkah-langkah pendekatan yang dilakukan untuk mendapatkan hasil penelitian yang telah dirumuskan dalam tujuan penelitian. Secara umum sistematika pengerjaan penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1.Diagram Alir Peelitian



Gambar 3.2 .Diagram AlirPenelitian (Lanjutan)

3.2 Penjelasan Diagram Alir

Untuk menyelesaikan penelitian analisis riser guard ini, maka langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikannya adalah sebagai berikut :

1. Langkah pertama : adalah studi literatur dan pemgumpulan data-data. Studi literatur ini mecari informasi terkait riser guard, tubrukan kapal terhap platform, serta mengumpulakN data struktur bangunan jacket, supply vessel, dll

2. Langkah kedua : Mengumpulkan data yang diperlukan sperti data existing platform, data desain orisinal boatlanding.

3. Langkah ketiga : melakukan permodelan geometri riser guard yang hendak di tambahkan, pada excisting platform.

4. Langkah keempat : menghitung kekakuan struktur .

5. Langkah kelima : Menghitung impact energi. Dilanjutkan analisis ship impact dengan SACS 5.6. variasikan kecepatan vessel dan sudut.

6. Langkah keenam : menghitung kedalaman denting dan energi dissipation dari output energi denting pada analisis ship impact. Dan memberikan hasil percepatan dan kecepatan struktur.

7. Langkah ketujuh : membenadingkan energi disspation dengan energi tubrukan kapal , apakah sudah memenuhi.

8. Langkah kedelapan : mencari nilai defleksi member riser guard dan bracing jacket dari analisis pushoer.

9. Langkah kesembilan : mencari nilai UC dari analisis statis post impact redundancy.

10. Selesai

3.3 Pengumpulan Data

Data struktur yang digunakan adalah data struktur WHP-B platform, data nya adalah sebagai berikut :

Platform name	: WHP-B
Number of leg	: 8
Number of deck	: 3
Water depth	: 5 m (dari LAT)

Code dan stardart yang digunakan

- AISC (ASD) Manual of Steel Construction – Allowable Stress Design, 9th Edition
- API RP-2A Recommended Practice for planning, Design and Construction Fixed offshore platforms– Working Stress Design. API Recommended Practice 2A-WSD (RP 2A-WSD), Twenty First Edition Errata and Supplement 3, 2007.
- DNV-RP-C204 Design Againts Accidental Loads. October 2010.

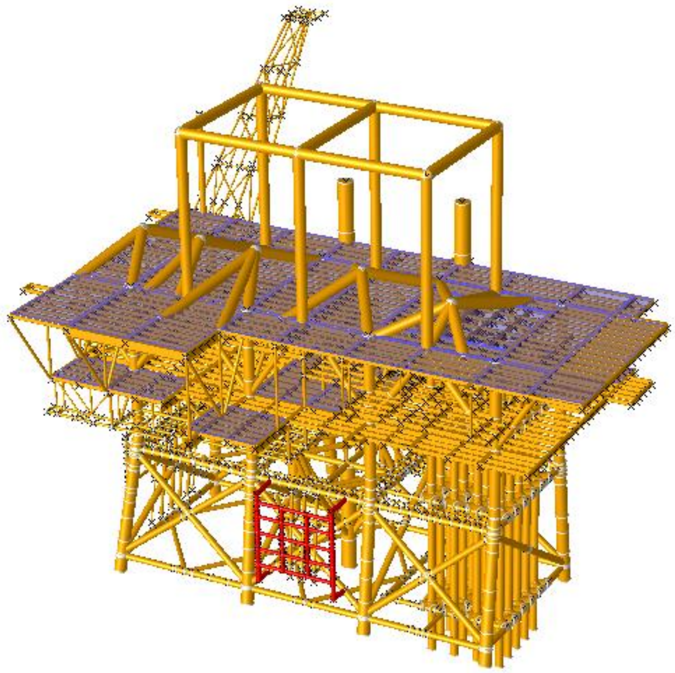
3.4 Data Supply Vessel

Data supply vessel yang digunakan dalam penelitian kali in adalah

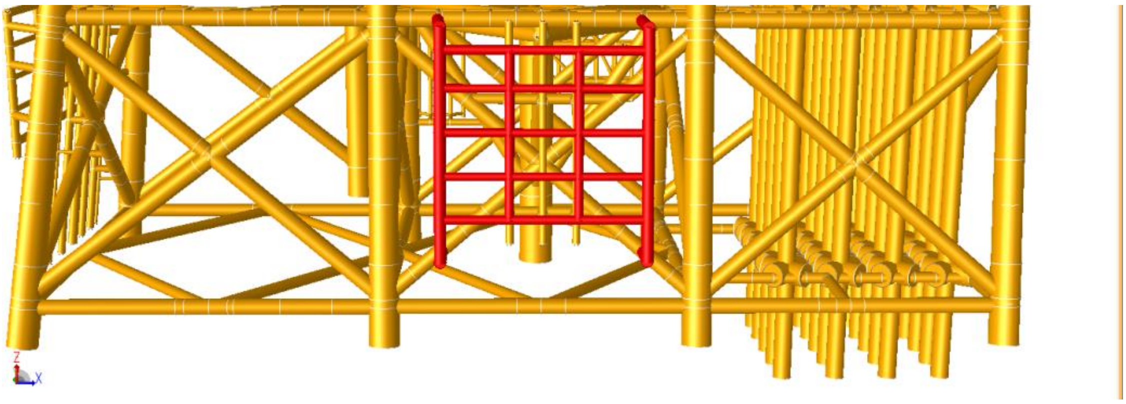
Vessel displacement	: 1200 MT
Velocity Operating	: 0.5 m/s
Velocity Accidental	: 1 m/s
Added mass coefficient	: 1.40 (broadside impact)
	: 1.10 (bow/stern impact)

3.5 Permodelan Struktur dengan SACS

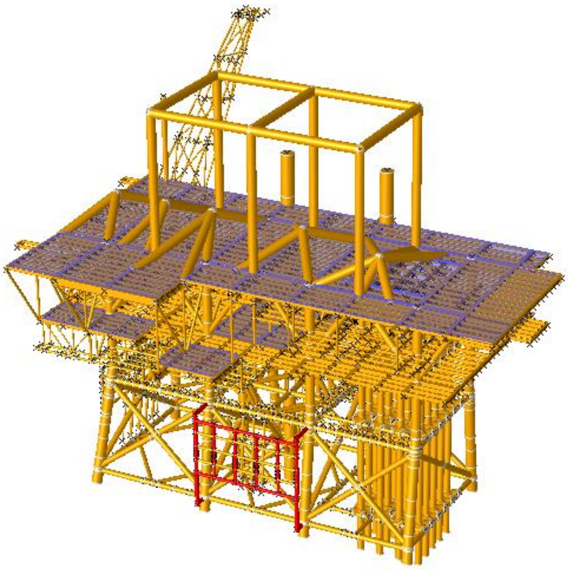
Permodelan yang diakukan adalah permodelan secara global struktur tanpa memasukan beban apapun kecuali ship ipact load, permodelan dibantu dengan SACS 5.6. Terdapat dua model yaitu model eksisting dan modifikasi. Untuk model eksisting, struktur riser guard diletakkan pada member bracing di kaki jacket platform, seperti pada Gambar 3.3, untuk detail model riser guard ditunjukan pada Gambar 3.4. Sedangkan untuk model modifikasi, struktur riser guard diletakkan pada chord jacket, seperti ditunjukan pada Gambar 3.5, dan untuk detail model riser guard ditunjukkan pada Gambar 3.6.



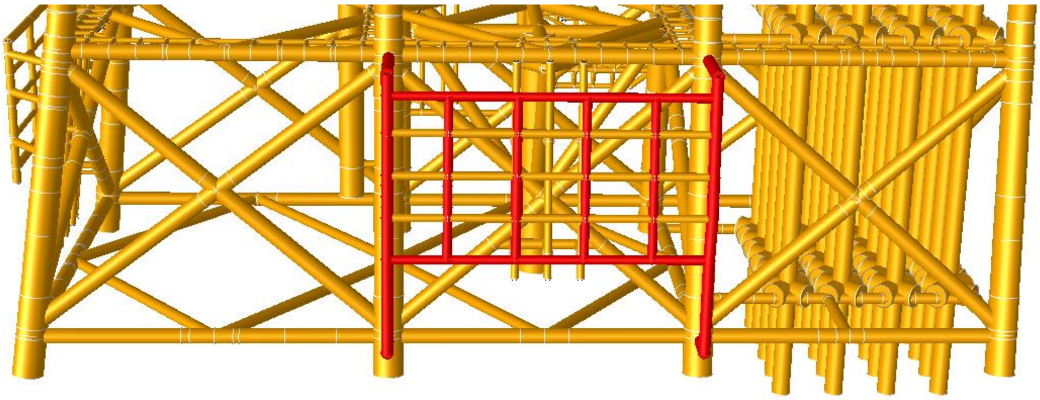
Gambar 3.3 Struktur WHP-B



Gambar 3.4 Struktur Riser Guard WHP-B



Gambar 3.5 Struktur WHP-B Modifikasi

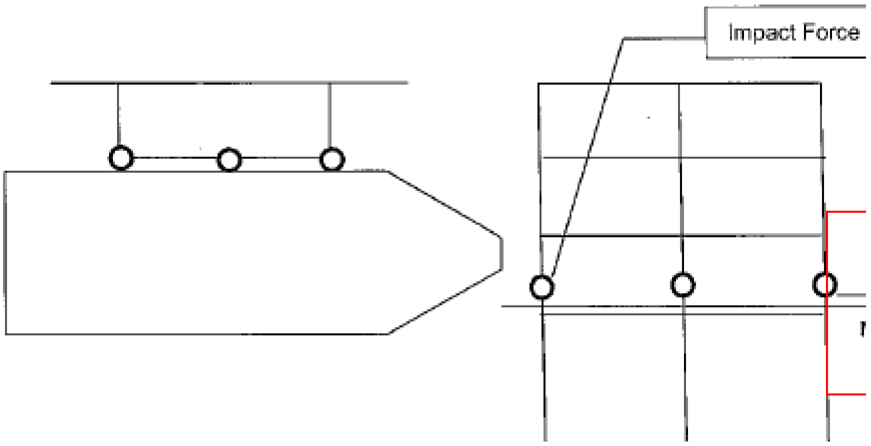


Gambar 3.6 Struktur Riser Guard WHP-B Modifikasi

3.6 Syarat Batas

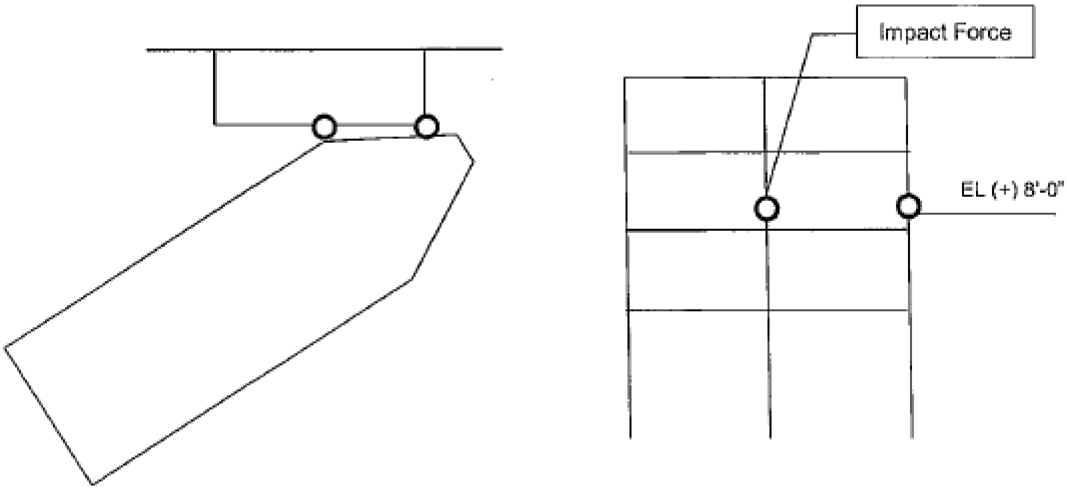
- Analisis ship impact dibagi menjadi dua kondisi yaitu board side, dan bow/stern side, namun untuk tugas akhir ini, hanya dilakukan analisis side impact., untuk gambaran tubrukan kapal board side, dapat ditunjukan pada Gambar 3.7, sedangkan untuk tubrukan kapal stern 3.8:

1. Board side



Gambar 3.7 Board Side Impact

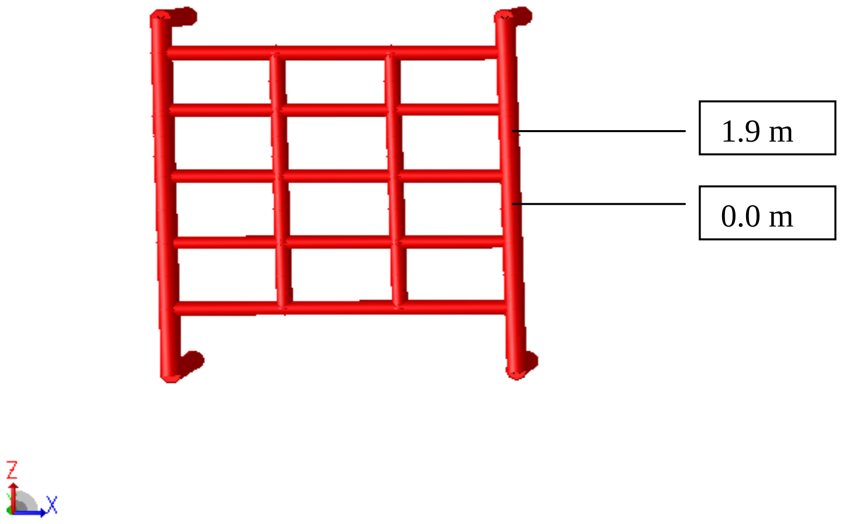
2. Stern/bow side



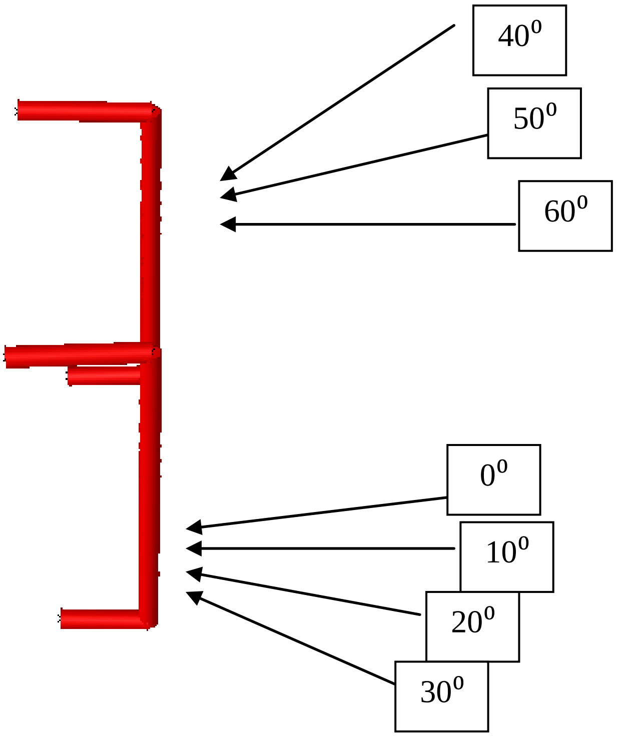
Gambar 3.8 Side Impact

- **Sudut tubrukan**

Sudut tubrukan kapal divariasikan antara 0^0 dan 90^0, yaitu 0^0 - 80^0, penentuan sudut berdasarkan letak riser guard yang mengarah ke arah utara sebenarnya, dimana 0^0 adalah head on dan 90^0 merupakan board side, gambaran sudut tubrukan seperti yang ditunjukan pada Gambar 3.10. . Untuk skema tubrukan dibagi menjadi fua kondisi yaitu maksimum water depth, dan minimum water depth, seperti pada Gambar 3.9.



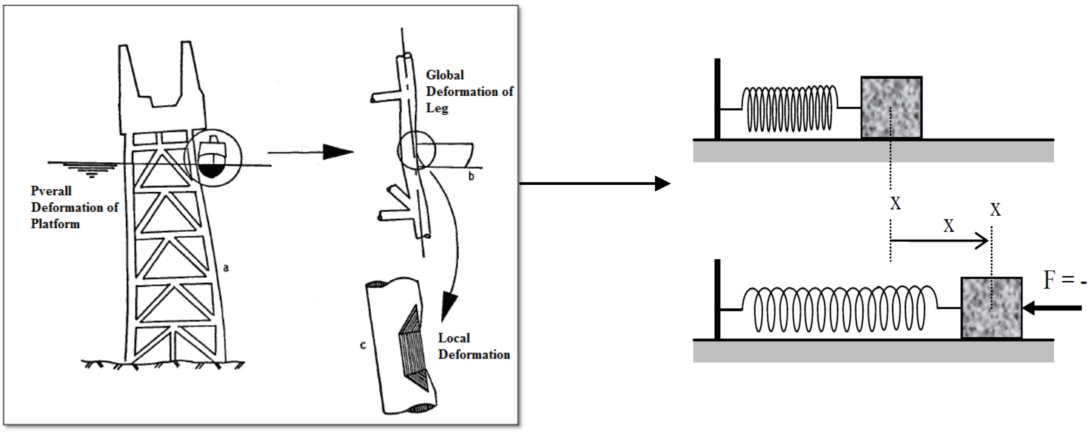
Gambar 3.9 Elevasi Tubrukan



Gambar 3.10 Sudut Tubrukan

BAB IV
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis Kekakuan



Gambar 4.1 Kekakuan Struktur (Sumber: Craig, 1981)

Analisis kekakuan dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan nilai kekakuan dari sebuah jacket, dimana jacket dianggap sebagai sebuah pegas yang memiliki suatu kekakuan, seperti yang diGambarkan pada Gambar 4.1 diatas. Analisa dibantu dengan meinkrementasi gaya yang bekerja yaitu 1000 kN, 2000 kN, sampai 9000 kN, dikarenakan pada gaya 9000 kN, nilai dari kekakuan tidak berubah. Untuk menghitung kekakuan digunakan persamaan (2.9). Tabel 4.1 dibawah ini merupakan hasil perhitungan kekakuan jacket.

Tabel 4. 1Tabel Hasil Perhitungan Kekakuan Model Eksisting

F	X	K
1000	-0.375	2666.667
2000	-80.869	24.73136
3000	-1123.45	2.670346
4000	-2635.31	1.517849
5000	-4745.96	1.053529
6000	-3036.51	1.975955
7000	-2870.73	2.438406
8000	-3272.920	2.444301
9000	-3656.26	2.461533

Dari hasil analisis kekakuan pada struktur eksisting, didapat nilai kekauan yaitu 2.46, dikarenakan nilai kekauan yang didapat dari inkrementasi gaya yang bekerja, mulai stabil pada gaya 7000 kN, dan nilai kekauan yang digunakan adalah nilai dari inkeremen terakhir. Untuk perbitungan nilai kekauan struktur modifikasi dijelaskan pada Tabel 4.2 dibawah ini.

Tabel 4. 2: Tabel Hasil Perhitungan Kekakuan Model Modifikasi

Pd	X	K
1000	70.043	14.27694
2000	272.562	7.33778
3000	2392.786	1.253769
4000	3124.532	1.280192
5000	-4393.87	1.137949

Dari hasil perhitungan analisis kekauan pada struktur modifikasi, didapat nilai kekauan struktur adalah 1.13, didapat dari analisis terakhir dengan gaya 5000 kN, dikarenakan nilai kekauan sudah stabil.

4.2 Analisis Energi Tubrukan Kapal

Analisis ini untuk mengetahui energi yang diberikan oleh kapal saat menubruk, yang nantinya akan dibandingkan dengan energi yang mampu diserap oleh struktur. Kecepatan struktur saat menubruk, berpengaruh pada energi kapal yang diberikan saat menubruk, dan berpengaruh juga pada gaya yang bekerja pada struktur. Tabel 4.3 dibawah ini merupakan perhitungan energi tubrukan kapal. dengan menggunakan persamaan 2.1.

Tabel 4. 3: Tabel Hasil Perhitungan Energi Tubrukan Kapal

$E = 0.5 \times a \times m \times v^2$

Data			
a	=	1.4	boardside
	=	1.1	bow/stern
m	=	1200	MT
v	=	0.5 m/s - 2m/s	
E	=	KJ	

v (m/s)	E (kj)	E (kips in)
0.5	165	121.70
1	660	486.79
1.5	1485	1095.28

Untuk analisis ini menggunakan *accidental speed*, dan kecepatan 1.5 m/s. Dari hasil perhitungan energi tubrukan kapal , energi terbesar yang diberikan adalah pada kecepatan tubrukan, 1.5 m/s yaitu 1095.28 kips in. Nilai energiyang diberikan saat kapal menubruk, akan berpengaruh kepada nilai energi yang mampu diserap oleh member untuk membentuk denting, dan berpengaruh pada kedalaman denting.

4.3 AnalisisShip Impact

Analisis ini dilakukan dengan bantuan ship impact analysis pada SACS 5.6, tujuan penggunaan analisis ini adalah untuk mengetahui energi yang mampu diserap oleh member struktur riser guard untuk membentuk denting(cekungan), yang merupakan deformasi plastis pada member. Setelah mendapatkan nilai energi yang mampu diserap untuk membentuk denting, dilanjutkan dengan menghitung kedalaman denting dan gaya yang bekerja pada struktur riser guard.

Analisis dilakukan dengan pendekatan nonlinear terhadap fungsi waktu (loadstep), dengan memasukan displacement kapal, dan kecepatan kapal. Untuk kecepatan kapal yang bekerja dibagi menjadi dua yaitu *accidental speed*yaitu 1 m/s dan 1.5 m/s. Hasil kedalamn denting dari analisis in tidak boleh melebihi dari setengah diameter member riser guard Analisis hanya pada stern side. Untuk sudut tubrukan kapal yang digunakan adalah sudut 0^0, 10^0, 20^0, 30^0, 40^0, 50^0, 60^0, 70^0, 80^0, dimana 0^0 merupakan head-on dan selebihnya merupakan variasi sudut. Penentuan besar sudut berdasarkan letak riser guard yang mengarah ke arah utara yang sebenarnya.. Analisisdilakukan dengan dua kondisi kedalaman yaitu maximum water depth dan minimum water depth. Tabel 4.4 berikut ini merupakan hasil dari perhitungan pada struktur eksisting dengan kondisi minimum water depth, dengan menggunakan persamaan 2.2 dan 2.3.

- Minimum water depth (Struktur Eksisting)

Tabel 4. 4: Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1m/s di minimum water depth

θ	M-JOULES	Kj	Kip in	X (in)	Pd
0	0.35	350	258.1468	1.399172	223.5616
10	0.34	340	250.7711	1.320361	217.1742
20	0.31	310	228.6443	1.097636	198.0117
30	0.35	350	258.1468	1.399172	223.5616
40	0.35	350	258.1468	1.399172	223.5616
50	0.36	360	265.5224	1.480266	229.9491
60	0.34	340	250.7711	1.320361	217.1742
70	0.28	280	206.5174	0.89547	178.8493
80	0.18	180	132.7612	0.370067	114.9746

Dari hasil analisis ship impact dengan SACS 5.6, didapat nilai energi yang diserap oleh member struktur riser gaurd untuk membentuk denting terbesar pada kondisi minimum water depth di struktur eksisiting, dengan kecepatan 1 m/s, adalah pada sudut tubrukaan 40 ^{0}, 50^0, 60^0, yaitu 0.35 MJ , 0.34 MJ, dan 0.36 MJ. Dimana energi yang mampu diserap ini berpengaruh kepada gaya yang bekerja pada member riser guard. Didapat niali gaya yang bekerja terbesar adalah 229.949 kips, yan dibentuk pada sudut tubrukan 50^0, dan kedalaman denting terbesar adalah 1.480 in. Untuk analisis dengan kecepatan tubrukan 1.5 m/s ditampilkan dengan Tabel 4.5 dibawah ini.

Tabel 4. 5: Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth

θ	M-JOULES	Kj	Kip in	X (in)	Pd
0	0.29	290	213.893	0.960574	185.2368
10	0.28	280	206.5174	0.89547	178.8493
20	0.26	260	191.7662	0.772114	166.0744
30	0.36	360	265.5224	1.480266	229.9491
40	0.3	300	221.2686	1.027963	191.6243
50	0.36	360	265.5224	1.480266	229.9491
60	0.34	340	250.7711	1.320361	217.1742
70	0.28	280	206.5174	0.89547	178.8493
80	0.18	180	132.7612	0.370067	114.9746

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.4 diatas, dapat disimpulkan bahwa energi untuk membentuk denting terbesar terdapat di sudut tubrukan 40 ^{0}, 50^0, 60^0, yaitu 0.30 MJ, 0.36 MJ, dan 0.34 MJ. Dimana energi yang mampu diserap ini berpengaruh kepada gaya yang bekerja pada member riser guard. Didapat niali gaya yang bekerja terbesar adalah 229.949 kips. Untuk kedalaman denting terbesar adalah 1.480 in yaitu pada sudut 50^0. Untuk analisis pada struktur modifikasi dengan kecepatan tubrukan 1 m/s , pada kondisi minimum water depth, ditampilkan dengan Tabel 4.6 dibawah ini.

➢ Minimum water depth (Struktur Modifikasi)

Tabel 4. 6. : Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1m/s di minimum water depth Pada Struktur Modifikasi

θ	M-JOULES	Kj	Kip in	X (in)	Pd
0	0.07	70	51.62935	0.055967	44.71233
10	0.07	70	51.62935	0.055967	44.71233
20	0.06	60	44.25373	0.041119	38.32485
30	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998
40	0.07	70	51.62935	0.055967	44.71233
50	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998
60	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998
70	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998
80	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998

Sedangkan untuk struktur modifikasi, didapat nialai energi terbesar yang mampu diserap oleh member struktur riser gaurd, berdasarkan variasi sudut tubrukan, pada kondisi minimum water depth , dengan kecepatan tubrukan 1 m/s, adalah pada sudut tubrukaan 20 ^{0}, 30^0, 40^0 , yaitu 0.08 MJ, 0.07 MJ dan 0.08 MJ, energi yang mampu diserap ini berpengaruh kepada gaya yang bekerja pada member riser guard. Didapat nilai gaya yang bekerja terbesar adalah 51.0998 kips. Untuk kedalaman denting terbesar adalah 0.0731in yaitu pada sudut 50^0. Untuk analisis pada struktur modifikasi dengan kecepatan tubrukan 1.5 m/s , pada kondisi minimum water depth, ditampilkan dengan Tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4. 7: Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth Pada Struktur Modifikasi

θ	M-JOULES	Kj	Kip in	X (in)	Pd
0	0.07	70	51.62935	0.055967	44.71233
10	0.07	70	51.62935	0.055967	44.71233
20	0.07	70	51.62935	0.055967	44.71233
30	0.06	60	44.25373	0.041119	38.32485
40	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998
50	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998
60	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998
70	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998
80	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998

Untuk struktur modifikasi dengan kecepatan tubrukan 1.5 m/s pada minimum water depth.didapat nilai energi terbesar yang mampu diserap oleh member struktur riser gaurd,berdasarkan variasi sudut tubrukan, adalah pada sudut tubrukaan 20 ^{0}, 30^0, 40^0.Yaitu 0.07 MJ, 0.06 MJ dan 0.08 MJ Sedangkan

nilai gaya yang bekerja terbesar adalah 51.0998 kips. Untuk kedalaman denting terbesar adalah 0.0731 in yaitu pada sudut 50^0. Untuk analisis pada struktur eksisting dengan kecepatan tubrukan 1 m/s , dengan kondisi maksimum water depth ditampilkan dengan Tabel 4.8 dibawah ini

- Maximum water depth (Struktur Eksisting)

Tabel 4. 8: Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1 m/s di maximu water depth

θ	M-JOULES	Kj	Kips	X (in)	Pd
0	0.35	350	258.1468	1.399172	223.5616
10	0.34	340	250.7711	1.320361	217.1742
20	0.31	310	228.6443	1.097636	198.0117
30	0.35	350	258.1468	1.399172	223.5616
40	0.35	350	258.1468	1.399172	223.5616
50	0.32	320	236.0199	1.169593	204.3992
60	0.35	350	258.1468	1.399172	223.5616
70	0.29	290	213.893	0.960574	185.2368
80	0.184	184	135.7114	0.386697	117.5296

Untuk analisis ship impact dengan kondisi maksimum water depth, pada kecepatan 1 m/s, pada struktur eksisiting didapat bahwa energi terserap terbesar ada pada sudut tubrukan 0^o, 10^o,dan 50^o, yaitu 0.35 MJ, 0.34 MJ, 0.32 MJ, dan gaya terbesar ada pada sudut 0^o yaitu 223.5616 kips. Untuk kedalamn cekungan terbesar adalah pada sudut tubrukan0^o,yaitu1.399in. Untuk analisis pada struktur eksisting dengan kecepatan tubrukan 1.5 m/s , dengan kondisi maksimum water depth ditampilkan dengan Tabel 4.9 dibawah ini

Tabel 4. 9: Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1.5 m/s di maximu water depth

θ	M-JOULES	Kj	Kips	X (in)	Pd
0	0.29	290	213.893	0.960574	185.2368
10	0.28	280	206.5174	0.89547	178.8493
20	0.26	260	191.7662	0.772114	166.0744
30	0.36	360	265.5224	1.480266	229.9491
40	0.3	300	221.2686	1.027963	191.6243
50	0.32	320	236.0199	1.169593	204.3992
60	0.29	290	213.893	0.960574	185.2368
70	0.32	320	236.0199	1.169593	204.3992
80	0.36	360	265.5224	1.480266	229.9491

Sedangkan untuk analisis dengan kondisi maksimum water depth, pada kecepatan 1.5 m/s, pada struktur eksisiting didapat bahwa energi terserap terbesar ada pada sudut tubrukan 30^o, 40^o,dan 50^o, yaitu 0.36 MJ, 0.30 MJ, dan 0.32 MJ, dan gaya terbesar ada pada sudut 30^o yaitu 229.9491kips Untuk kedalamn cekungan terbesar adalah pada sudut tubrukan 30^0, yaitu 1.480 in. Untuk analisis pada struktur modifikasi dengan kecepatan tubrukan 1 m/s , dengan kondisi maksimum water depth ditampilkan dengan Tabel 4.10dibawah ini

- Maximum water depth (Struktur Modifikasi)

Tabel 4. 10. : Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1 m/s di maximu water depth Struktur Modifikasi

θ	M-JOULES	Kj	Kips	X (in)	Pd
0	0.07	70	51.62935	0.055967	44.71233
10	0.07	70	51.62935	0.055967	44.71233
20	0.06	60	44.25373	0.041119	38.32485
30	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998
40	0.07	70	51.62935	0.055967	44.71233
50	0.06	60	44.25373	0.041119	38.32485
60	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998
70	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998
80	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998

Berdasarkan hasil perhitungan analisis dengan kondisi maksimum water depth dengan kecepatan tubrukan 1 m/s, pada kondisi struktur modifikasi, didapta bahwa energi terserap terbesar ada pada sudut tubrukan 30^o, 40^o,dan 50^o, yaitu sebesar 0.08 MJ, 0.07 MJ, dan 0.06 MJ, dan gaya terbesar ada pada sudut 30^o yaitu 51.0998 kips. Sedangkan kedalaman denting terbesar adalah 0.073 in. Untuk hasil analisa dengan kecepatantubrukan 1.5 m/s pada struktur modifikasi di maksimum water depth ditunjukan dengan Tabel 4.11 dibawah ini.

Tabel 4. 11: Tabel Hasil Perhitungan Denting pada kecepatan 1.5 m/s di maximu water depth Struktur Modifikasi

θ	M-JOULES	Kj	Kips	X (in)	Pd
0	0.07	70	51.62935	0.055967	44.71233
10	0.07	70	51.62935	0.055967	44.71233
20	0.07	70	51.62935	0.055967	44.71233
30	0.06	60	44.25373	0.041119	38.32485
40	0.05	50	36.87811	0.028555	31.93738
50	0.06	60	44.25373	0.041119	38.32485
60	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998
70	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998
80	0.08	80	59.00497	0.0731	51.0998

Untuk analisis ship impact pada struktur modifikasi , kondisi maksimum water depth, pada kecepatan 1.5 m/s, didapat bahwa energi terserap terbesar ada pada sudut tubrukan 20°, 30°,dan 50°, yaitu sebesar 0.07 MJ , 0.06 MJ dan 0.08 MJdan gaya terbesar ada pada sudut 50° yaitu 51.0998kips. Kedalamn denting terbesar adalah 0.07311 in.

Dari keseluruhan hasil analisa dapat disimpulkan bahwa, kedalaman denting baik dari kondisi maksimum dan minimum water depth, dengan kecepatan tubrukan baik 1 m/s dan 1.5 m/s, di struktur eksisting dan di struktur modifikasi tidak memenuhi syarat yaitu, tidak leih dari setengan diameter member, yaitu 8.996 in.

4.4Energi Terserap oleh Jacket Deformation

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui besarnya energi yang diserap oleh struktur saat berdeformasi setelah mendapat tubrukan kapal. Dengan memasukan nilai Pd (gaya yang bekerja pada struktur) yang didapat dari hasil analisa ship impact sebelumnya, dan dikalikan dengan K yaitu nilai kekauan yang didapat dari analisa kekakuab. Tabel 4.12 berikut ini merupakan hasil dari perhitungan pada kondidi eksisting pada minimum water depth dengan kecepatan 1 m/s, dengan menggunakan persamaan 2.4.

- Minimum water depth 1 m/s (Eksisting)

Tabel 4. 12: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1 m/s di minimum water depth

	θ	Pd	K	Edefrm
1 m/s min	0	223.5616	2.461533	10152.17
	10	217.1742		9580.334
	20	198.0117		7964.275
	30	223.5616		10152.17
	40	223.5616		10152.17
	50	229.9491		10740.58
	60	217.1742		9580.334
	70	178.8493		6497.389
	80	114.9746		2685.146

Dari hasil perhitungan analisis energi terserap jacket deformation diatas didapat bahwa nilai energi terserap terbesar pada sudut 40 ^{0}, 50 ^{0}, 60 ^{0}, yaitu 10,152.17 kip in, 10,152.17 kip in, dan 10,740.58 kip in. Energi pada tiga sudut ini termasuk terbesar dikarenakan gaya yang bekerja pada struktur pada sudut ini

memiliki nilai terbesar. Untuk analisa dengan kecepatan tubrukan 1.5 m/s di minimum water depth, pada struktur eksisiting, ditampilkan pada Tabel 4.13 dibawah ini.

- Minimum water depth kecepatan 1.5 m/s (Eksisting)

Tabel 4. 13: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth

	a	Pd	K	Edefrm
1.5 m/s min	0	185.2368	2.461533	6969.776
	10	178.8493		6497.389
	20	166.0744		5602.341
	30	229.9491		10740.58
	40	191.6243		7458.738
	50	229.9491		10740.58
	60	217.1742		9580.334
	70	178.8493		6497.389
	80	114.9746		2685.146

Untuk hasil perhitungan analisis energi terserap jacket deformation untuk kondisi eksisitng dengan kecepatan tubrukan 1.5 m/s didapat bahwa nilai energi terserap terbesar, sama seperti nilai gaya terbesar ada pada sudut 40^0 50 ^{0}, 60^0, yaitu 7,458.738 kip in 10,740.58 kip in, 9,580.334 kip in. Untuk analisis struktur modifikasi dengan minimum water depth dengan kecepatan 1 m/s dapat ditunjukan dengan Tabel 4.14 dibawah ini.

- Minimum water depth 1 m/s (Modifikasi)

Tabel 4. 14: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1 m/s di minimum water depth

	θ	Pd	K	Edefrm
1 m/s min	0	44.71233	1.137949	878.4189
	10	44.71233		878.4189
	20	38.32485		645.369
	30	51.0998		1147.323
	40	44.71233		878.4189
	50	51.0998		1147.323
	60	51.0998		1147.323
	70	51.0998		1147.323
	80	51.0998		1147.323

Pada struktur modifikasi, hasil perhitungan analisis energi terserap jacket deformation dengan kecepatan tubrukan 1 m/s didapat bahwa nilai energi terserap

terbesar pada sudut 20^0, 30^0, 40^0, yaitu 645.369 kip in,1,147.323 kip in, 878.4189 kip in.Untuk analisis struktur modifikasi dengan minimum water depth dengan kecepatan 1.5 m/s dapat ditunjukan dengan Tabel 4.15 dibawah ini.

- Minimum water depth kecepatan 1.5 m/s (Modifikasi)

Tabel 4. 15: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth

	θ	Pd	K	Edefrm
1.5 m/s min	0	44.71233	1.137949	878.4189
	10	44.71233		878.4189
	20	44.71233		878.4189
	30	38.32485		645.369
	40	51.0998		1147.323
	50	51.0998		1147.323
	60	51.0998		1147.323
	70	51.0998		1147.323
	80	51.0998		1147.323

Pada struktur modifikasi, untuk hasil perhitungan analisis energi terserap jacket deformation dengan kecepatan tubrukan 1.5 m/s pada minimum water depth, didapat bahwa nilai energi terserap terbesar pada sudut 20^0, 30^0, 40^0, yaitu 878.4189 kip in, 645.369 kip in, 1,147.323 kip in. Untuk analisis struktur eksisting dengan maksimum water depth dengan kecepatan 1m/s dapat ditunjukan dengan Tabel 4.16 dibawah ini

- Maximum water depth 1 m/s (Eksisting)

Tabel 4. 16: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1 m/s di maksimum water depth

	θ	Pd	K	Edefrm
1 m/s max	0	223.5616	2.461533	10152.17
	10	217.1742		9580.334
	20	198.0117		7964.275
	30	223.5616		10152.17
	40	223.5616		10152.17
	50	204.3992		8486.386
	60	223.5616		10152.17
	70	185.2368		6969.776
	80	117.5296		2805.811

Dari hasil perhitungan analisis energi terserap jacket deformation diatas didapat bahwa nilai energi terserap terbesar pada sudut 30 ^{0}, 40 ^{0}, 50 ^{0}, yaitu 10,152.17 kip in, 10,152.17 kip in, dan8,486.386 kip in. Untuk analisa dengan kecepatan tubrukan 1.5 m/s di maksimum water depth, pada struktur eksisiting, ditampilkan pada Tabel 4.17 dibawah ini.

- Maximum water depth kecepatan 1.5 m/s (Eksisting)

Tabel 4. 17: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1.5 m/s di maksimum water depth

	θ	Pd	K	Edefrm
1.5 m/s max	0	185.2368	2.461533	6969.776
	10	178.8493		6497.389
	20	166.0744		5602.341
	30	229.9491		10740.58
	40	191.6243		7458.738
	50	204.3992		8486.386
	60	185.2368		6969.776
	70	204.3992		8486.386
	80	229.9491		10740.58

Pada struktur eksisting, hasil perhitungan analisis energi terserap jacket deformation dengan kecepatan tubrukan 1.5 m/s didapat bahwa nilai energi terserap terbesar pada sudut 30^0, 40^0, 50^0 yaitu 10,740.58kip in,7,458.738kip in, 8,486.386kip in. Untuk analisis struktur modifikasi dengan maksimum water depth dengan kecepatan 1 m/s dapat ditunjukan dengan Tabel 4.18 dibawah ini.

- Maximum water depth 1 m/s (Modifikasi)

Tabel 4. 18: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1 m/s di maksimum water depth

	θ	Pd	K	Edefrm
1 m/s max	0	44.71233	1.137949	878.4189
	10	51.0998		1147.323
	20	51.0998		1147.323
	30	51.0998		1147.323
	40	38.32485		645.369
	50	44.71233		878.4189
	60	51.0998		1147.323
	70	38.32485		645.369
	80	44.71233		878.4189

Pada struktur modifikasi, untuk hasil perhitungan analisis energi terserap jacket deformation dengan kecepatan tubrukan 1m/s pada minimum water depth, didapat bahwa nilai energi terserap terbesar pada sudut 30^0, 40^0, 50^0, yaitu, 1,147.323kip in 645.369 kip in, 878.4189 kip in. Untuk analisis struktur eksisting dengan maksimum water depth dengan kecepatan 1.5 m/s dapat ditunjukan dengan Tabel 4.19dibawah ini.

- Maximum water depth kecepatan 1.5 m/s (Modifikasi)

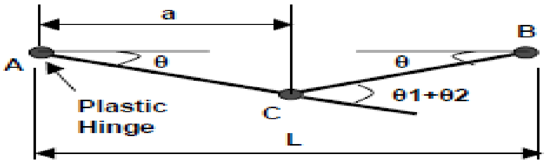
Tabel 4. 19: Tabel Hasil Perhitungan Energi Deformation pada kecepatan 1.5 m/s di maksimum water depth

	θ	Pd	K	Edefrm
1.5 m/s max	0	44.71233	1.137949	878.4189
	10	44.71233		878.4189
	20	44.71233		878.4189
	30	38.32485		645.369
	40	31.93738		448.1729
	50	38.32485		645.369
	60	51.0998		1147.323
	70	51.0998		1147.323
	80	51.0998		1147.323

Untuk kondisi modifikasi dengan analisis pada maksimum water depth dengan kecepatan 1.5 m/s , didapat bahwa nilai energi terserap terbesar pada sudut 20^0, 30^0, 60^0, yaitu, 878.4189 kip in 645.369 kip in, 1,147.323 kip in.

4.5 Energi Terserap oleh Bending Plastis

Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk mengetahui energi yang mampu disera oleh bending plastis pada member riser guard. Dengan memasukan nilai Pd yaitu gaya yang bejerja pada struktur yang didapat dari perhitungan analisa ship impact, dan nilai Dd yang merupakan nilai bending yang didapat dari analisa pushover pada load step pertana, Tabel 4.20 berikut ini merupakan hasil dari perhitungan untuk struktur eksisting dengan kecepatan tubrukan 1 m/s, dengan menggunakan persamaan 2.5



Gambar **4.2** Bending Member

- Minimum weter depth kecepatan 1m/s

Tabel 4. 20: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1 m/s di minimum water depth

θ	Pd (kips)	Dd (in)		Ebend	
40	223.5616	1.585	0.624016	69.75299	kip in
50	217.1742	0.616	0.24252	26.33451	kip in
60	229.9491	4.207	1.656299	190.4323	kip in

Dari hasil analisa diatas, didapat bahwa energi yang mampu diserap terbesar adalah 190.43 kip in, yaitu pada sudut 60, pada kondisi minimum water depth untuk struktur eksisiting. Dibawah ini pada Tabel 4.21 akan menjelaskan hasil untuk analisis pada kecepatan tubrukan 1.5 m/s.

- Minimum weter depth kecepatan 1.5 m/s

Tabel 4. 21: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth

θ	Pd (kips)	Dd (in)		Ebend	
40	229.9491	0.625	0.246063	28.29098	kip in
50	217.1742	0.57	0.224409	24.36797	kip in
60	191.6243	0.082	0.032283	3.093148	kip in

Untuk analisis pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth, didapat bahwa energi yang mampu diserap terbesar adalah 28.29 kip in, yaitu pada sudut 40^0, pada kondisi minimum water depth untuk struktur eksisiting. Untuk hasil analisis struktur modifikasi dengan kecepatan tubrukan 1 m/s di minimal water depth, diberikan pada Tabel 4.22 dibawah ini.

- Minimum weter depth kecepatan 1m/s (modifikasi)

Tabel 4. 22: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1 m/s di minimum water depth (modifikasi)

θ	Pd (kips)	Dd (in)		Ebend	
20	38.32485	1.153	0.453937	8.698535	kip in
30	44.71233	0.231	0.090945	2.033179	kip in
40	51.0998	0.766	0.301575	7.705207	kip in

Berdasarkan hasil analisis pada struktur modifikasi, dengan kecepatan tubrukan 1m/s nilai energi terbesar yang diserap adalah pada sudut 20^0, yaitu 8.698535 kip in. Untuk hasil analisa dengan kecepatan 1.5 m/s dijelaskan di Tabel 4.23 bawah ini.

- Minimum weter depth kecepatan 1.5 m/s (modifikasi)

Tabel 4. 23: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth (modifikasi)

θ	Pd	Dd		Ebend	
20	38.32485	1.153	0.453937	8.698535	kip in
30	44.71233	0.231	0.090945	2.033179	kip in
40	51.0998	0.766	0.301575	7.705207	kip in

Untuk analisis energi bending plastis, pada struktur modifikasi, dengan kecepatan tubrukan 1m/s nilai energi terbesar yang diserap adalah pada sudut 0^0, yaitu 8.698535 kip in. Untuk hasil analisa dengan kecepatan 1 m/s , pada struktur eksisting, di maksimum water depth dijelaskan di Tabel 4.24 bawah ini.

- Maximum weter depth kecepatan 1m/s

Tabel 4. 24: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1 m/s di maksimum water depth

θ	Pd	Dd		Ebend	
0	223.5616	3.225	0.624016	69.75299	kip in
10	217.1742	0.554	0.24252	26.33451	kip in
50	204.3992	0.418	1.656299	169.2731	kip in

Dari hasil analisis didapat bahwa energi yang mampu diserap terbesar adalah 169.27 kip in, yaitu pada sudut 50^0, pada kondisi maksimum water depth untuk struktur eksisiting. Sedangkan untuk hasil analisi pada kecepatan 1.5 m/s ditunjukan di Tabel 4.25 dibawah ini.

- Maximum water deptk kecepatan 1.5 m/s

Tabel 4. 25: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1.5 m/s di maksimum water depth

θ	Pd	Dd		Ebend	
30	229.9491	1.167	0.459449	52.82493	kip in
40	204.3992	0.447	0.175984	17.98552	kip in
50	191.6243	0.009	0.003543	0.339492	kip in

Untuk analisis energi bending plastis, didapat bahwa energi yang mampu diserap terbesar adalah 52.82493 kip in, yaitu pada sudut 30^0, pada kondisi maksimum water depth untuk struktur eksisiting. Untuk analisis di maksimum water depth, di struktur modifikasi. Ditujunkan di Tabel 4.26 dibawah ini.

- Maximum weter depth kecepatan 1m/s (modifikasi)

Tabel 4. 26: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1 m/s di maksimum water depth (modifikasi

θ	Pd	Dd		Ebend	
30	38.32485	1.153	0.453937	8.698535	kip in
40	44.71233	0.231	0.090945	2.033179	kip in
50	51.0998	0.766	0.301575	7.705207	kip in

Dari hasil analisa didapat bahwa energi yang mampu diserap terbesar adalah 8.698535 kip in, yaitu pada sudut 0^0, pada kondisi maksimum water depth untuk struktur modifikasi. Untuk analisis di maksimum water depth, di struktur modifikasi. Ditujunkan di Tabel 4.27 dibawah ini.

- Maximum water deptk kecepatan 1.5 m/s (modifikasi)

Tabel 4. 27: Tabel Hasil Perhitungan Energi Bending Plastis pada kecepatan 1.5 m/s di maksimum water depth (modifikasi)

θ	Pd	Dd		Ebend	
20	38.32485	1.946	0.766142	14.68113	kip in
30	44.71233	2.601	1.024016	22.89306	kip in
40	51.0998	2.601	1.024016	26.1635	kip in

Untuk analisis energi bending plastis, dilai bending plastis didspat dari analisis pushover pada load factor pertama, didapat bahwa energi yang mampu diserap terbesar adalah 22.89306kip in, yaitu pada sudut 10^0, pada kondisi maksimum water depth untuk struktur modifikasi

4.6 Energi Dissipation

Setelah mendapat nilai energi yang mampu diserap oleh denting, oleh jacket deformation dan oleh bending plastis, dilanjutkan dengan menghitung energi dissipation tang merupakan, total ketiga energi tersebut, dimana hasil penjumlahan nya tidak boleh kurang dari energi yang diberikan oleh kapal saat

menubruk. Untuk hasil perhitungan di minimum water depth dengan kecepatan 1m/s pada struktur eksisting ditunjukan di Tabel 4.28 dibawah ini.

- Minimum water depth kecepatan 1m/s

Tabel 4. 28: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1 m/s di minimum water depth

Minimum water depth kecepatan 1m/s						
θ	Edent	Ejacket	Ebend	Ediss		
40	223.5616	10152.17	69.75299	10445.49	>	486.79
50	217.1742	9580.334	26.33451	9823.843	>	
60	229.9491	7964.275	190.4323	8384.656	>	

Dari hasil perhitungan didapat bahwa energi yang mampu diserap melebihi dari energi yang diberikan oleh kapal saat menubruk. Dan energi terbesar yang mampu diserap adalh 10,445.49 kip in. Untuk hasil perhitungan di minimum water depth dengan kecepatan 1.5m/s pada struktur eksisting ditunjukan di Tabel 4.29 dibawah ini.

- Minimum water depth kecepatan 1.5 m/s

Tabel 4. 29: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth

Minimum water depth kecepatan 1.5 m/s						
θ	Edent	Ejacket	Ebend	Ediss		
40	213.893	6969.776	28.29098	7211.96	>	1095.28
50	206.5174	6497.389	24.36797	6728.275	>	
60	191.7662	5602.341	3.093148	5797.2	>	

Untuk kondisi mimum water depth dengan kecepatan tubrukan 1.5 m/s memnuhi syarat, dengan energi maksimum terbesar yang diserap adalah 7,211.96 kip in. Untuk hasil perhitungan di minimum water depth dengan kecepatan 1m/s pada struktur modifikasi ditunjukan di Tabel 4.30 dibawah ini.

- Minimum water depth kecepatan 1m/s (modifikasi)

Tabel 4. 30: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1 m/s di minimum water depth (modifikasi)

Minimum water depth kecepatan 1m/s						
θ	Edent	Ejacket	Ebend	Ediss		
0	38.32485	537.8075	14.68113	590.8135	>	486.79
10	44.71233	732.0158	20.01493	796.743	>	
20	51.0998	956.1022	19.57485	1026.777	>	

Untuk kondisi mimum water depth dengan kecepatan tubrukan 1 m/s pada struktur modifikasi, memnuhi syarat, dengan energi maksimum terbesar yang diserap adalah 796.743 kip in. Untuk kondisi minimum water depth pada kecepatan 1m/s. Untuk hasil perhitungan di minimum water depth dengan kecepatan 1.5m/s pada struktur modifikasi ditunjukan di Tabel 4.31 dibawah ini.

- Minimum water depth kecepatan 1.5 m/s (modifikasi)

Tabel 4. 31: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1.5 m/s di minimum water depth (modifikasi)

Minimum water depth kecepatan 1.5 m/s						
θ	Edent	Ejacket	Ebend	Ediss		
0	38.32485	537.8075	7.068974	583.2013	>	1095.28
10	44.71233	732.0158	6.786064	783.5142	>	
20	51.0998	956.1022	8.308748	1015.511	>	

Untuk kondisi mimum water depth dengan kecepatan tubrukan 1.5 m/s pada struktur modifikasi, memnuhi syarat, dengan energi maksimum terbesar yang diserap adalah 783.5142kip in. Untuk hasil perhitungan di maksimum water depth dengan kecepatan 1m/s pada struktur eksisting ditunjukan di Tabel 4.32 dibawah ini

- Maksimum water depth kecepatan 1m/s

Tabel 4. 32: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1 m/s di maksimum water depth

Maksimum water depth kecepatan 1m/s						
θ	Edent	Ejacket	Ebend	Ediss		
0	223.56	10152.17	69.75299	10445.49	>	486.79
10	217.17	9580.334	26.33451	9823.843	>	
50	204.40	7964.275	169.2731	8337.947	>	

Untuk kondisi maksimum water depth dengan kecepatan tubrukan 1 m/s pada struktur eksisting, memnuhi syarat, dengan energi maksimum terbesar yang diserap adalah 10,445.49 kip in. Untuk hasil dengan kecepatan 1.5 m/s ditunjukan pada Tabel 4.33 dibawah ini.

- Maksimum water depth kecepatan 1.5m/s

Tabel 4. 33: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1.5 m/s di maksimum water depth

Maksimum water depth kecepatan 1.5 m/s						
θ	Edent	Ejacket	Ebend	Ediss		
30	213.89	6969.776	0.459449	7184.129	>	1095.28
40	206.52	6497.389	0.175984	6704.083	>	
50	191.77	5602.341	0.003543	5794.111	>	

Untuk kondisi maksimum water depth dengan kecepatan tubrukan 1.5 m/s pada struktur eksisting, memnuhi syarat, dengan energi maksimum terbesar yang diserap adalah 7,184.129 kip in. Untuk hasil perhitungan di maksimum water depth dengan kecepatan 1m/s pada struktur modifikasi ditunjukan di Tabel 4.34 dibawah ini

- Maksimum water depth kecepatan 1m/s (modifikasi)

Tabel 4. 34: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1 m/s di maksimum water depth (modifikasi)

Maksimum water depth kecepatan 1m/s						
θ	Edent	Ejacket	Ebend	Ediss		
0	38.32	537.8075	8.698535	584.8309	>	486.79
10	44.71	732.0158	2.033179	778.7613	>	
20	51.10	956.1022	7.705207	1014.907	>	

Untuk kondisi mimum water depth dengan kecepatan tubrukan 1 m/s pada struktur modifikasi, memnuhi syarat, dengan energi maksimum terbesar yang diserap adalah 1014.907 kip in. Dan hasil untuk kecepatan 1.5 m/s dijelaskan pada Tabel 4.35

- Maksimum water depth kecepatan 1.5m/s (modifikasi)

Tabel 4. 35: Tabel Hasil Perhitungan Energi Dissipation pada kecepatan 1.5 m/s di maksimum water depth (modifikasi)

Maksimum water depth kecepatan 1.5 m/s						
θ	Edent	Ejacket	Ebend	Ediss		
0	38.32	537.8075	14.68113	590.8135	>	1095.28
10	44.71	732.0158	22.89306	799.6212	>	
20	51.63	956.1022	26.1635	1033.895	>	

Untuk kondisi mimum water depth dengan kecepatan tubrukan 1.5 m/s pada struktur modifikasi, memnuhi syarat, dengan energi maksimum terbesar yang diserap adalah 1033.895 kip in.

4.7 Defleksi

Nilai defleksi didapat dari analisis pushover, dengan gaya yang bekerja pada member riser guard adalah gaya denting (Pd), analisis ini bertujuan untuk mengetahui berapa defleksi masimum pada member saat sebelum struktur collapse, apakah member mengenai riser atau tidak. Dimana jarak maksimum antara riser dengan riser guard adalah 1.68 m. Untuk hasil analisis pada struktur eksisting dapat dilihat pada Tabel 4.36 dibawah ini.

- Struktur Eksisting

Tabel 4. 36: Nilai Defleksi Eksisting

1 m/s minimal elevasi		
sudut	deflection cm	deflection m
40	2.628	0.026
50	2.552	0.026
60	4.244	0.042

1 m/s maksimum elevasi		
sudut	deflection cm	deflection m
0	9.397	0.094
10	2.013	0.020
50	1.888	0.019

1.5 m/s maksimum elevasi		
sudut	deflection cm	deflection m
0	1.991	0.01991
10	0.82	0.0082
20	2.574	0.02259

1.5 m/s minimum elevasi		
sudut	deflection cm	deflection m
0	2.731	0.03
10	2.57	0.03
20	2.259	0.02

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa tidak ada member riser guard, yang akan menghimpit riser, dengan maksimum defleksi adalah 0.09 m. Untuk hasil pada struktur modifikasi, dapat dilihat pada Tabel 4.37 dibawah ini.

- Struktur Modifikasi

Tabel 4. 37: Nilai Defleksi Modifikasi

1 m/s minimal elevasi		
sudut	deflection cm	deflection m
0	4.376	0.04376
10	2.566	0.02566
20	-4.193	-0.04193

1 m/s maksimum elevasi		
sudut	deflection cm	deflection m
0	0.928	-0.04193
10	0.504	0.04228
20	-0.511	0.04228

1.5 m/s maksimum elevasi		
sudut	deflection cm	deflection m
0	0.799	0.00799
10	0.722	0.00722
20	0.967	0.00967

1.5 m/s minimum elevasi		
sudut	deflection cm	deflection m
0	-4.193	-0.04193
10	4.228	0.04228
20	4.228	0.04228

Dari hasil analisis dapat disimpulkan bahwa tidak ada member riser guard, yang akan menghimpit riser, dengan maksimum defleksi adalah 0.04 m. Untuk hasil defleksi -0.04m mengartikan bahwa defleksi kerah depan riser guard.

4.8 Analisis Inplace Sebelum Cacat

Analisis statis dengan beban lingkungan 1 tahunan dan 100 tahunan tanpa ada dented member Tabelberikut ini adalah hasil analisis in-place.dibawah ini merupakan hasil analisis, yaitu Tabel 4.21 pada kondisi 1 tahunan beban lingkungan atau operasianal, dan 4.38 untuk 100 tahunan beban lingkungan.

Tabel 4. 38: Nilai UC Operasional

1 year period enviroment before damaged		
Group	**Member**	**UC**
H2A	J805-J107	0.62
H2B	J595-J608	0.5
NR1	0001-0000	0.09
NR2	0028-0010	0.06
NR3	0028-0060	0.08
NR4	0052-0062	0.05
V1A	JC4M-1043	0.13
V1B	JCCB-JCX6	0.04
V1C	0002-JC4M	0.23

Tabel4.22 : Nilai UC Badai

100 year period enviroment before damaged		
Group	**Member**	**UC**
H2A	J805-J107	0.6
H2B	J595-J608	0.46
NR1	0001-0000	0.13
NR2	0028-0010	0.06
NR3	0028-0060	0.09
NR4	0052-0062	0.05
V1A	JC4M-1043	0.13
V1B	JCCB-JCX6	0.05
V1C	0002-JC4M	0.23

4.9 Analisis Post Impact Damage 1 –Year Return Period Enviroment

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah struktur masih memenuhi stndar operasi terhadap beban lingkungan satu tahunan dan seratus tahunan setelah terdapat cacat pada bracing riser gurd dan bracing kaki jacket. Dibawah ini merupakan hasil dari analisis yaitu Tabel 4.39 dengan cacat yang ditimbulkan dengan kecepatan kapal 1m/s, di minimum water depth. Analisis hanya dilakukan pada member eksisting, dikarenakan model tersebut memnuhi syarat, baik dalan energi dissipation, dan defleksi maksimum.

- Dengan Kecepatan kapal 1m/s pada minimum water depth

Tabel 4. 39: Nilai UC Operasional 1m/s min wd

1 year period enviroment before damaged		
Group	**Member**	**UC**
DTA	0019-0011	0.09
DTB	0055-0006	0.03
DTC	1044-0019	0.1
DTE	1037-0016	0.11
H2A	J805-J107	0.62
H2B	J595-J608	0.5
NR1	0022-0016	0.09
NR2	0028-0010	0.06
NR3	0056-0068	0.09
NR4	0052-0062	0.06
V1A	JC4M-1043	0.15
V1B	JCCB-JCX6	0.06
V1C	JCCD-JC4Q	0.27

Dibawah ini merupakan hasil dari analisis dengan cacat yang ditimbulkan dengan kecepatan kapl 1m/s, maksimum water depth, yaitu Tabel 4.40.

- Dengan Kecepatan kapal 1m/s pada maksimum water depth

Tabel 4. 40: Nilai UC Operasional 1m/s maks wd

1 year period enviroment before damaged		
Group	**Member**	**UC**
DTA	0019-0011	0.09
DTB	0055-0006	0.03
DTC	1044-0019	0.1
DTE	1037-0016	0.11
H2A	J805-J107	0.62
H2B	J595-J608	0.5
NR1	0022-0016	0.09
NR2	0028-0010	0.06
NR3	0056-0068	0.09
NR4	0052-0062	0.06
V1A	JC4M-1043	0.15
V1B	JCCB-JCX6	0.06
V1C	JCCD-JC4Q	0.27

Dibawah ini merupakan hasil dari analisis dengan cacat yang ditimbulkan dengan kecepatan kapl 1.5 m/s, minimum water depth, yaitu Tabel 4.41

- Dengan Kecepatan kapal 1.5 m/s pada minimum water depth

Tabel 4. 41: Nilai UC Operasional 1.5 m/s min wd

1 year period enviroment before damaged		
Group	**Member**	**UC**
DTB	0055-0006	0.03
DTC	1044-0019	0.1
DTE	1037-0016	0.11
H2A	J805-J107	0.62
H2B	J595-J608	0.5
NR1	0022-0016	0.09
NR2	0028-0010	0.06
NR3	0056-0068	0.08
NR4	0052-0062	0.06
V1A	JC4M-1043	0.15
V1B	JCCB-JCX6	0.06
V1C	JCCD-JC4Q	0.27

Dibawah ini merupakan hasil dari analisis dengan cacat yang ditimbulkan dengan kecepatan kapl 1.5 m/s, maksimum water depth., yaitu Tabel 4.42

- Dengan Kecepatan kapal 1,5 m/s pada maksimum water depth

Tabel 4. 42: Nilai UC Operasional 1.5 m/s maks wd

1 year period enviroment before damaged		
Group	**Member**	**UC**
DTA	0019-0011	0.09
DTB	0055-0006	0.03
DTC	1044-0019	0.1
DTD	0016-0012	0.09
DTE	1037-0016	0.11
H2A	J805-J107	0.62
H2B	J595-J608	0.5
NR1	0022-0016	0.09
NR2	0028-0010	0.06
NR3	0056-0068	0.09
NR4	0052-0062	0.06
V1A	JC4M-1043	0.15
V1B	JCCB-JCX6	0.06
V1C	JCCD-JC4Q	0.27

4.10Analisis Post Impact Damage 100 –Year Return Period Enviroment

Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah struktur masih memenuhi stndar operasi terhadap beban lingkungan satu tahunan dan seratus tahunan setelah terdapat cacat pada bracing riser gurd dan bracing kaki jacket.

- Dengan Kecepatan kapal 1m/s pada minimum water depth

Tabel 4. 43: Nilai UC Storm

100 year period enviroment before damaged		
Group	**Member**	**UC**
DTA	0019-0011	0.08
DTB	0055-0006	0.03
DTC	1044-0019	0.1
DTD	0016-0012	0.08
DTE	1037-0016	0.1
H2A	J805-J107	0.6
H2B	J595-J608	0.46
NR1	0022-0016	0.12
NR2	0028-0010	0.06
NR3	0056-0068	0.09
NR4	0052-0062	0.05
V1A	JC4M-1043	0.13
V1B	JCCB-JCX6	0.05
V1C	JCCD-JC4Q	0.23

Dibawah ini merupakan hasil dari analisis yaitu Tabel 4.44 dengan cacat yang ditimbulkan dengan kecepatan kapl 1m/s, maksimum water depth.

- Dengan Kecepatan kapal 1m/s pada maksimum water depth

Tabel 4. 44: Nilai UC Storm 1m/s maks wd

100 year period enviroment before damaged		
Group	**Member**	**UC**
DTA	0019-0011	0.08
DTB	0055-0006	0.03
DTC	1044-0019	0.1
DTD	0016-0012	0.08
DTE	1037-0016	0.1
H2A	J805-J107	0.6
H2B	J595-J608	0.46
NR1	0022-0016	0.12
NR2	0028-0010	0.06
NR3	0056-0068	0.09
NR4	0052-0062	0.06
V1A	JC4M-1043	0.13
V1B	JCCB-JCX6	0.05
V1C	JCCD-JC4Q	0.23

Dibawah ini merupakan hasil dari analisis yaitu Tabel 4.45 dengan cacat yang ditimbulkan dengan kecepatan kapal 1.5 m/s, maksimum water depth.

- Dengan Kecepatan kapal 1.5 m/s pada minimum water depth

Tabel 4. 45: Nilai UC Storm 1.5 m/s min wd

100 year period enviroment before damaged		
Group	**Member**	**UC**
DTA	0019-0011	0.08
DTB	0055-0006	0.04
DTC	1044-0019	0.1
DTD	0016-0012	0.08
DTE	1037-0016	0.1
H2A	J805-J107	0.6
H2B	J595-J608	0.46
NR1	0022-0016	0.12
NR2	0028-0010	0.06
NR3	0056-0068	0.08
NR4	0052-0062	0.06
V1A	JC4M-1043	0.13
V1B	JCCB-JCX6	0.05
V1C	JCCD-JC4Q	0.23

Dibawah ini merupakan hasil dari analisis yaitu Tabel 4.46 dengan cacat yang ditimbulkan dengan kecepatan kapal 1.5 m/s, maksimum water depth.

- Dengan Kecepatan kapal 1,5 m/s pada maksimum water depth

Tabel 4. 46: Nilai UC Storm 1.5 m/s maks wd

100 year period enviroment before damaged		
Group	**Member**	**UC**
DTA	0019-0011	0.09
DTB	0055-0006	0.03
DTC	1044-0019	0.1
DTD	0016-0012	0.09
DTE	1037-0016	0.11
H2A	J805-J107	0.62
H2B	J595-J608	0.5
NR1	0022-0016	0.09
NR2	0028-0010	0.06
NR3	0056-0068	0.09
NR4	0052-0062	0.06
V1A	JC4M-1043	0.15
V1B	JCCB-JCX6	0.06
V1C	JCCD-JC4Q	0.27

4.11Nilai RSR

RSR (reserve strength ratio) adalah indikasi yang digunakan untuk integritas platform, untuk analisis ini dibantu dengan analisis pushover, dimana merupakan perbandingan antara nilai base shear saat collapse dengan nilai base shear awal. Tabel 4.47 dibawah ini merupakan hasil dari analisis RSR untuk kondisi kecepatan kapal 1 m/s dan 1.5 m/s di minimal water depth dan maksimum water depth. Dari hasil analisis ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar kecepatan tubrukan kapal semakin besar nilai RSR, dan nilai RSR di minimal water depth lebih besar dari kondisi maksimum water depth.

1 m/s minimal water depth

Arah Tubrukan	*Base Shear* (Kips)		RSR
	Awal	Struktur collapse	
40	994.44	19888.88	20.000
50	-965.98	-19319.5	20.000
60	-1022.91	-20458.2	20.000

1 m/s maksimal water depth

Arah Tubrukan	*Base Shear* (Kips)		RSR
	Awal	Struktur collapse	
0	-994.44	-29833.3	34.000
10	-966.04	-32845.4	34.000
50	-909.22	30913.35	34.000

1.5 m/s minimal water depth

Arah Tubrukan	*Base Shear* (Kips)		RSR
	Awal	Struktur collapse	
40	-1022.91	-20458.2	20.000
50	-965.98	-19319.5	20.000
60	-852.46	-17049.1	20.000

1.5 m/s maksimal water depth

Arah Tubrukan	*Base Shear* (Kips)		RSR
	Awal	Struktur collapse	
30	-909.22	-18184.3	20.000
40	-1022.91	-20458.2	20.000
50	-852.46	-17049.1	20.000

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan didapat beberapa kesimpulan , yang juga menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan, yaitu :

1. Untuk model riser guard eksisiting, energi yang mampu diserap oleh struktur riser guard sudah memenuhi syarat, karena melebihi energi yang diberikan oleh kapal saat menubruk, walaupun dengan analisis, dengan gaya tubrukan terbesar pada kecepatan 1.5 m/s. Dengan energi yang mampu diserap terkecil adalah 5,794.111 kip in. Namun untuk modifikasi tidak memenuhi syarat, karena hanya mampu menahan sampai kecepatan 1 m/s, dengan energi minimum yang mampu diserap adalah 584.8309 kip in.
2. Defleksi dari struktur modifikasi dan eksisting tidak ada yang melebihi dari yang diijinkan yaitu 168 cm, berdasarkan jarak antara riser dan riser guard. Untuk defleksi terbesar pada struktur eksisting yaitu 9.4 cm pada kecepatan tubrukan kapal 1.5 m/s. Sedangkan untuk struktur modifikasi, defleksi maksimum terbesar adalah 4.228 cm dengan kecepatan tubrukan kapal 1.5 m/s.
3. Nilai unity check dari hasil analisis statis, dengan adanya denting pada member bracing di jacket, dan member riser guard tidak ada yang melebihi 1.00 baik dalam kondisi operasional dan badai. Dengan nilai unity check pada kondisi operasional terbesar adalah 0.62, dan kondisi badai adalah 0.6. Maka struktur aman untuk beroperasi walaupun terdapat cacat pada member bracing kaki jacket dan member riser guard.

5.2 Saran

1. Dapat dilanjutkan dengan perhitungan mengenai daya serap energi tubrukan dengan penggunaan fender pada boatlanding.
2. Menghitung kedalaman denting dengan bantuan ANSYS, agar lebih akurat.
3. Memperhitungkan pengaruh bow dan stern.

Daftar Pustaka

API RP 2A-WSD 21st Edition, 2000, *Recommended Practice for Planning, Design, and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design*, USA.
API RP 2A WSD, 2000, *Recommended Practice for Planning, Designing and Construction Fixed Offshore Platform – Working Strss Design*, Washington.
Bai Young. 2003. *Marine Structural Design*. Houston,SA.
DNV, 2010, *Design Against Accidental Loads*, DNV.

El-Reedy A Mohammed, 2012, *Offshore Structure : Design, Construction and, Mintenence*, Elsevier, Wyman Street USA.

Hamadelnil d, 2017, *Improvement of Fixed Offshore Platform Boat Landing Performance Using Practicable Design Criteria*, Universitas TekNologi Petronas, Perak Malaysia.

HSE, 2001, *Loads*, HSE, Norwich.

HSE, 2004, *Ship Collision and Capacity of Brace Members of Fixed Steel Offshore Platform*, HSE, Netherlands.

Jain Kumar Arvind, 210, *Ocean Structure, Construction, Materials, and Operation*. Parkway.
Jorgen Amdahl dkk, 1983, *Energy Absorption In Ship Platform Impact*, Zurich Schweiz.

Rafiudin, Akhmad.2008."Analisis Linear dan Non Linear Struktur Anjungan Lepas Pantai Akibat Subsidence". *Tesis*:1-7.
Thapa Bahadur, 2016, Boat *Impact Analysis On Offshore Unman Fixed Wellhead Platform*, Memorial University, Canada.

Thapa Bahadur, 2016, *Ship Impact Analysis Offshore Jacket Fixed Wellhead Platform*, Memorial University, Canada
Yao T dkk, 2006, *Ultimate Strength*, ISSC, Southampton UK.

Nallayarasu Dr.s, 2012, *Offshore Structure Analysis And Design*, Indian Institute of Technology Madras, Chennai India.

LAMPIRAN A

Input Ship Impact Analysis dan Collapse Analysis

1. Input Dyn Response Ship Impact Anlysis

```
DROPT SHIP  20EC+Z   -7.DVA

SDAMP       5.

LOAD

SHIP        1200.      1.                 1.            0035 1.1F       1

THLOAD  SHIP     SDO          PLSPLMPLTPRT      JTAJTVJTD

JTNUM     00540055

TIME             1.       10.

END
```

2. Input Collapse Anlysis

```
CLPOPT     20  8999        CN                        0.010.001 0.011000.
CLPOP2   0.25
CLPRPT P0R0M2    J1SM    F2
LDSEQ 101                              28   1          1.  28 100   20.   40.
GRPELA        B01 BTA BTB BTC BTD BTE BTF CGC CGD CN1 CN2 CP1 CP2 CP2
CP3
GRPELA        CP4 CSA D01 D02 D03 D04 D05 D06 D07 DB1 DB2 DB5 DB6 DB7
DB8
GRPELA        DB9 DBA DBB DBC DBD DL1 DL2 DL3 DMA DMB F01 F02 F03 F04
F05
GRPELA        F11 F12 F13 F14 H1A H1B H1C H1D H1F H1G H2A H2B H2C H2D
H2F
GRPELA        H2G H2H H2J H2K IP1 IP2 IP4 IP5 JWA JWB LG0 LG1 LG2 LG3 LG4
GRPELA        LG5 MC1 PG1 PG2 PG3 PL1 PL2 PL3 PL4 R01 R02 R03 RG1 RG2
RG3
GRPELA        RR  RR2 RS1 RS2 SB1 SB2 V1A V1B V1C V1F V1G V1H V1J V1K
V1L
GRPELA        V1M W.B
END
```

LAMPIRAN B

Output Ship Impact Anlysis dan Collpase Analysis

***** SHIP IMPACT TIME HISTORY *****

******* SHIP MOTIONS ******* NORMAL FRICTION JOINT ** BASE SHEAR ** ***** MOMENTS ***** **** DENT ****

TIME ACCEL. VELOCITY DISPL. FORCE FORCE DISPL. X Y X Y DEPTH ENERGY

SECS M /SEC**2 M /SEC M KNKN M KNKNKN-M KN-M CM M-JOULES

1.0000	0.000	1.000	-1.000	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	NaN
1.0500	0.000	1.000	-0.950	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.1000	0.000	1.000	-0.900	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.1500	0.000	1.000	-0.850	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.2000	0.000	1.000	-0.800	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.2500	0.000	1.000	-0.750	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.3000	0.000	1.000	-0.700	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.3500	0.000	1.000	-0.650	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.4000	0.000	1.000	-0.600	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.4500	0.000	1.000	-0.550	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.5000	0.000	1.000	-0.500	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.5500	0.000	1.000	-0.450	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.6000	0.000	1.000	-0.400	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.6500	0.000	1.000	-0.350	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.7000	0.000	1.000	-0.300	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.7500	0.000	1.000	-0.250	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.8000	0.000	1.000	-0.200	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.8500	0.000	1.000	-0.150	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.9000	0.000	1.000	-0.100	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
1.9500	0.000	1.000	-0.050	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
2.0000	0.000	1.000	0.000	0.007	0.002	0.000	0.0	0.0	0.	0.	0.00	0.00
2.0500	-0.885	1.000	0.050	1168.539	350.562	0.000	0.0	0.0	0.	0.	5.00	0.04
2.1000	-1.243	0.947	0.099	1640.481	492.144	0.001	98.8	13.0	-79.	-202.	9.79	0.11
2.1500	-1.493	0.878	0.145	1970.981	591.294	0.004	384.0	47.5	-376.	-799.	14.10	0.18
2.2000	-1.698	0.798	0.187	2242.372	672.712	0.007	760.9	84.7	-976.	-1634.	17.95	0.27
2.2500	-1.852	0.710	0.224	2444.566	733.370	0.010	1094.5	103.2	-1931.	-2467.	21.41	0.35

2.3000	-1.975	0.614	0.257	2607.906	782.372	0.012	1284.6	92.8	-3221.	-3106.	24.54	0.43
2.3500	-2.084	0.512	0.286	2751.459	825.438	0.013	1312.2	59.2	-4757.	-3505.	27.31	0.50
2.4000	-2.169	0.405	0.309	2863.323	858.997	0.012	1238.7	18.7	-6424.	-3762.	29.66	0.57
2.4500	-2.197	0.296	0.326	2900.897	870.269	0.012	1163.3	-13.2	-8135.	-4061.	31.47	0.62
2.5000	-2.217	0.185	0.338	2926.492	877.948	0.012	1168.8	-29.6	-9847.	-4564.	32.67	0.65
2.5500	-2.224	0.074	0.345	2936.731	881.019	0.012	1292.3	-32.5	-11555.	-5349.	33.24	0.67
2.6000	-1.580	-0.030	0.346	2085.781	625.734	0.014	1510.0	-29.7	-13255.	-6372.	33.30	0.67
2.6500	0.000	-0.059	0.343	0.000	0.000	0.014	1613.6	-48.6	-14802.	-7201.	33.30	0.67
2.7000	0.000	-0.059	0.340	0.000	0.000	0.011	1372.3	-112.5	-15918.	-7324.	33.30	0.67
2.7500	-0.257	-0.061	0.337	338.760	101.628	0.007	959.0	-185.6	-16473.	-7007.	33.30	0.67
2.8000	0.000	-0.072	0.334	0.000	0.000	0.005	664.5	-224.5	-16465.	-6766.	33.30	0.67
2.8500	0.000	-0.072	0.330	0.000	0.000	0.004	630.9	-219.4	-15999.	-6862.	33.30	0.67
2.9000	0.000	-0.072	0.327	0.000	0.000	0.006	857.4	-185.7	-15291.	-7316.	33.30	0.67
2.9500	0.000	-0.072	0.323	0.000	0.000	0.009	1228.3	-147.0	-14551.	-7937.	33.30	0.67
3.0000	0.000	-0.072	0.319	0.000	0.000	0.013	1567.5	-121.5	-13886.	-8401.	33.30	0.67
3.0500	0.000	-0.072	0.316	0.000	0.000	0.014	1724.7	-114.5	-13286.	-8418.	33.30	0.67
3.1000	0.000	-0.072	0.312	0.000	0.000	0.014	1639.2	-121.0	-12680.	-7864.	33.30	0.67
3.1500	0.000	-0.072	0.309	0.000	0.000	0.013	1355.5	-132.3	-12011.	-6829.	33.30	0.67
3.2000	0.000	-0.072	0.305	0.000	0.000	0.011	993.5	-139.0	-11263.	-5561.	33.30	0.67
3.2500	0.000	-0.072	0.301	0.000	0.000	0.009	689.0	-132.1	-10427.	-4342.	33.30	0.67
3.3000	0.000	-0.072	0.298	0.000	0.000	0.008	531.9	-103.6	-9459.	-3360.	33.30	0.67
3.3500	0.000	-0.072	0.294	0.000	0.000	0.008	528.6	-51.3	-8272.	-2632.	33.30	0.67
3.4000	0.000	-0.072	0.291	0.000	0.000	0.009	605.0	17.3	-6768.	-2014.	33.30	0.67
3.4500	0.000	-0.072	0.287	0.000	0.000	0.009	648.6	84.7	-4896.	-1291.	33.30	0.67
3.5000	0.000	-0.072	0.283	0.000	0.000	0.009	568.0	130.8	-2684.	-295.	33.30	0.67
3.5500	0.000	-0.072	0.280	0.000	0.000	0.008	340.4	144.4	-224.	1010.	33.30	0.67
3.6000	0.000	-0.072	0.276	0.000	0.000	0.006	21.3	130.6	2373.	2514.	33.30	0.67
3.6500	0.000	-0.072	0.273	0.000	0.000	0.004	-288.4	108.1	5003.	4021.	33.30	0.67
3.7000	0.000	-0.072	0.269	0.000	0.000	0.003	-498.1	98.5	7569.	5350.	33.30	0.67
3.7500	0.000	-0.072	0.265	0.000	0.000	0.003	-574.8	112.6	9948.	6416.	33.30	0.67
3.8000	0.000	-0.072	0.262	0.000	0.000	0.003	-556.4	145.7	11980.	7246.	33.30	0.67
3.8500	0.000	-0.072	0.258	0.000	0.000	0.004	-524.7	181.5	13489.	7943.	33.30	0.67
3.9000	0.000	-0.072	0.255	0.000	0.000	0.004	-557.1	204.0	14350.	8614.	33.30	0.67

3.9500	0.000	-0.072	0.251	0.000	0.000	0.003	-685.3	207.0	14537.	9302.	33.30	0.67
4.0000	0.000	-0.072	0.247	0.000	0.000	0.002	-881.1	195.8	14144.	9969.	33.30	0.67
4.0500	0.000	-0.072	0.244	0.000	0.000	0.001	-1076.7	181.9	13340.	10519.	33.30	0.67
4.1000	0.000	-0.072	0.240	0.000	0.000	0.000	-1202.6	174.7	12301.	10856.	33.30	0.67
4.1500	0.000	-0.072	0.237	0.000	0.000	0.000	-1222.2	176.0	11162.	10934.	33.30	0.67
4.2000	0.000	-0.072	0.233	0.000	0.000	0.001	-1146.6	180.6	10000.	10778.	33.30	0.67
4.2500	0.000	-0.072	0.229	0.000	0.000	0.002	-1023.3	181.1	8856.	10470.	33.30	0.67
4.3000	0.000	-0.072	0.226	0.000	0.000	0.003	-909.4	171.9	7762.	10104.	33.30	0.67
4.3500	0.000	-0.072	0.222	0.000	0.000	0.004	-842.4	151.8	6741.	9739.	33.30	0.67
4.4000	0.000	-0.072	0.219	0.000	0.000	0.004	-824.5	123.3	5797.	9372.	33.30	0.67
4.4500	0.000	-0.072	0.215	0.000	0.000	0.004	-824.3	91.1	4889.	8940.	33.30	0.67
4.5000	0.000	-0.072	0.211	0.000	0.000	0.004	-795.5	60.6	3935.	8360.	33.30	0.67
4.5500	0.000	-0.072	0.208	0.000	0.000	0.004	-701.3	37.0	2839.	7571.	33.30	0.67
4.6000	0.000	-0.072	0.204	0.000	0.000	0.005	-533.5	23.4	1530.	6575.	33.30	0.67
4.6500	0.000	-0.072	0.201	0.000	0.000	0.006	-316.4	20.2	-15.	5439.	33.30	0.67
4.7000	0.000	-0.072	0.197	0.000	0.000	0.008	-95.4	23.4	-1768.	4271.	33.30	0.67
4.7500	0.000	-0.072	0.193	0.000	0.000	0.009	85.5	26.7	-3660.	3173.	33.30	0.67
4.8000	0.000	-0.072	0.190	0.000	0.000	0.009	204.5	24.2	-5610.	2199.	33.30	0.67
4.8500	0.000	-0.072	0.186	0.000	0.000	0.009	271.2	14.2	-7527.	1343.	33.30	0.67
4.9000	0.000	-0.072	0.183	0.000	0.000	0.010	320.1	0.1	-9322.	549.	33.30	0.67
4.9500	0.000	-0.072	0.179	0.000	0.000	0.010	391.5	-11.4	-10910.	-250.	33.30	0.67
5.0000	0.000	-0.072	0.175	0.000	0.000	0.011	510.3	-14.0	-12219.	-1089.	33.30	0.67
5.0500	0.000	-0.072	0.172	0.000	0.000	0.012	673.5	-5.9	-13205.	-1950.	33.30	0.67
5.1000	0.000	-0.072	0.168	0.000	0.000	0.013	852.4	9.9	-13858.	-2772.	33.30	0.67
5.1500	0.000	-0.072	0.165	0.000	0.000	0.014	1007.5	27.3	-14194.	-3474.	33.30	0.67
5.2000	0.000	-0.072	0.161	0.000	0.000	0.014	1107.0	41.4	-14242.	-3990.	33.30	0.67
5.2500	0.000	-0.072	0.157	0.000	0.000	0.014	1140.9	50.8	-14030.	-4298.	33.30	0.67
5.3000	0.000	-0.072	0.154	0.000	0.000	0.013	1123.2	57.9	-13582.	-4418.	33.30	0.67
5.3500	0.000	-0.072	0.150	0.000	0.000	0.013	1082.4	67.0	-12928.	-4402.	33.30	0.67
5.4000	0.000	-0.072	0.147	0.000	0.000	0.012	1046.6	81.4	-12111.	-4303.	33.30	0.67
5.4500	0.000	-0.072	0.143	0.000	0.000	0.012	1030.4	101.7	-11192.	-4152.	33.30	0.67
5.5000	0.000	-0.072	0.139	0.000	0.000	0.012	1029.6	125.8	-10234.	-3949.	33.30	0.67
5.5500	0.000	-0.072	0.136	0.000	0.000	0.012	1025.2	150.3	-9289.	-3663.	33.30	0.67

5.6000	0.000	-0.072	0.132	0.000	0.000	0.011	994.4	172.1	-8384.	-3259.	33.30	0.67
5.6500	0.000	-0.072	0.129	0.000	0.000	0.011	921.9	189.5	-7522.	-2711.	33.30	0.67
5.7000	0.000	-0.072	0.125	0.000	0.000	0.010	807.1	202.4	-6694.	-2023.	33.30	0.67
5.7500	0.000	-0.072	0.121	0.000	0.000	0.009	663.3	212.5	-5890.	-1226.	33.30	0.67
5.8000	0.000	-0.072	0.118	0.000	0.000	0.008	510.6	221.8	-5104.	-369.	33.30	0.67
5.8500	0.000	-0.072	0.114	0.000	0.000	0.007	366.5	232.5	-4334.	502.	33.30	0.67
5.9000	0.000	-0.072	0.111	0.000	0.000	0.007	238.7	245.5	-3574.	1357.	33.30	0.67
5.9500	0.000	-0.072	0.107	0.000	0.000	0.006	123.5	260.1	-2814.	2189.	33.30	0.67
6.0000	0.000	-0.072	0.103	0.000	0.000	0.005	10.6	274.2	-2046.	3003.	33.30	0.67
6.0500	0.000	-0.072	0.100	0.000	0.000	0.004	-110.0	285.0	-1267.	3809.	33.30	0.67
6.1000	0.000	-0.072	0.096	0.000	0.000	0.003	-241.6	290.5	-489.	4605.	33.30	0.67
6.1500	0.000	-0.072	0.093	0.000	0.000	0.002	-378.4	290.4	261.	5376.	33.30	0.67
6.2000	0.000	-0.072	0.089	0.000	0.000	0.001	-509.0	286.5	942.	6094.	33.30	0.67
6.2500	0.000	-0.072	0.085	0.000	0.000	0.001	-621.1	281.1	1505.	6730.	33.30	0.67
6.3000	0.000	-0.072	0.082	0.000	0.000	0.000	-708.0	276.5	1900.	7262.	33.30	0.67
6.3500	0.000	-0.072	0.078	0.000	0.000	0.000	-770.2	273.4	2080.	7682.	33.30	0.67
6.4000	0.000	-0.072	0.075	0.000	0.000	-0.001	-814.3	271.2	2013.	7989.	33.30	0.67
6.4500	0.000	-0.072	0.071	0.000	0.000	-0.001	-848.4	268.4	1686.	8189.	33.30	0.67
6.5000	0.000	-0.072	0.067	0.000	0.000	-0.001	-877.5	264.1	1112.	8285.	33.30	0.67
6.5500	0.000	-0.072	0.064	0.000	0.000	-0.002	-900.8	258.6	326.	8272.	33.30	0.67
6.6000	0.000	-0.072	0.060	0.000	0.000	-0.002	-912.3	252.9	-619.	8143.	33.30	0.67
6.6500	0.000	-0.072	0.057	0.000	0.000	-0.002	-904.0	248.5	-1663.	7890.	33.30	0.67
6.7000	0.000	-0.072	0.053	0.000	0.000	-0.002	-870.2	246.1	-2750.	7511.	33.30	0.67
6.7500	0.000	-0.072	0.049	0.000	0.000	-0.002	-810.4	245.6	-3832.	7017.	33.30	0.67
6.8000	0.000	-0.072	0.046	0.000	0.000	-0.001	-729.4	246.2	-4869.	6427.	33.30	0.67
6.8500	0.000	-0.072	0.042	0.000	0.000	-0.001	-635.3	246.7	-5837.	5765.	33.30	0.67
6.9000	0.000	-0.072	0.039	0.000	0.000	-0.001	-535.8	246.3	-6721.	5052.	33.30	0.67
6.9500	0.000	-0.072	0.035	0.000	0.000	0.000	-435.1	244.9	-7521.	4303.	33.30	0.67
7.0000	0.000	-0.072	0.031	0.000	0.000	0.000	-332.5	243.0	-8254.	3521.	33.30	0.67
7.0500	0.000	-0.072	0.028	0.000	0.000	0.000	-224.6	241.7	-8946.	2708.	33.30	0.67
7.1000	0.000	-0.072	0.024	0.000	0.000	0.001	-107.6	242.1	-9626.	1862.	33.30	0.67
7.1500	0.000	-0.072	0.021	0.000	0.000	0.001	18.9	245.2	-10319.	991.	33.30	0.67
7.2000	0.000	-0.072	0.017	0.000	0.000	0.002	151.1	251.2	-11041.	114.	33.30	0.67

7.2500	0.000	-0.072	0.013	0.000	0.000	0.003	281.5	259.7	-11790.	-746.	33.30	0.67
7.3000	0.000	-0.072	0.010	0.000	0.000	0.003	402.0	269.7	-12549.	-1562.	33.30	0.67
7.3500	0.000	-0.072	0.006	0.000	0.000	0.003	506.4	280.1	-13291.	-2310.	33.30	0.67
7.4000	0.000	-0.072	0.003	0.000	0.000	0.004	592.8	290.1	-13984.	-2976.	33.30	0.67
7.4500	0.000	-0.072	-0.001	0.000	0.000	0.004	663.4	299.5	-14595.	-3555.	33.30	0.67
7.5000	0.000	-0.072	-0.005	0.000	0.000	0.004	722.4	308.4	-15093.	-4047.	33.30	0.67
7.5500	0.000	-0.072	-0.008	0.000	0.000	0.004	774.0	317.3	-15458.	-4455.	33.30	0.67
7.6000	0.000	-0.072	-0.012	0.000	0.000	0.004	819.2	326.5	-15676.	-4776.	33.30	0.67
7.6500	0.000	-0.072	-0.015	0.000	0.000	0.004	856.1	335.7	-15746.	-5005.	33.30	0.67
7.7000	0.000	-0.072	-0.019	0.000	0.000	0.004	880.2	344.5	-15673.	-5133.	33.30	0.67
7.7500	0.000	-0.072	-0.023	0.000	0.000	0.004	886.7	352.2	-15469.	-5151.	33.30	0.67
7.8000	0.000	-0.072	-0.026	0.000	0.000	0.004	872.4	358.6	-15153.	-5055.	33.30	0.67
7.8500	0.000	-0.072	-0.030	0.000	0.000	0.004	837.2	363.9	-14745.	-4849.	33.30	0.67
7.9000	0.000	-0.072	-0.033	0.000	0.000	0.004	783.6	368.4	-14270.	-4542.	33.30	0.67
7.9500	0.000	-0.072	-0.037	0.000	0.000	0.003	715.9	372.8	-13757.	-4147.	33.30	0.67
8.0000	0.000	-0.072	-0.041	0.000	0.000	0.003	638.5	377.4	-13232.	-3681.	33.30	0.67
8.0500	0.000	-0.072	-0.044	0.000	0.000	0.002	554.4	382.1	-12717.	-3155.	33.30	0.67
8.1000	0.000	-0.072	-0.048	0.000	0.000	0.002	464.6	386.6	-12228.	-2580.	33.30	0.67
8.1500	0.000	-0.072	-0.051	0.000	0.000	0.001	369.1	390.3	-11773.	-1961.	33.30	0.67
8.2000	0.000	-0.072	-0.055	0.000	0.000	0.000	267.2	392.8	-11351.	-1306.	33.30	0.67
8.2500	0.000	-0.072	-0.058	0.000	0.000	0.000	159.4	393.9	-10959.	-624.	33.30	0.67
8.3000	0.000	-0.072	-0.062	0.000	0.000	-0.001	47.5	393.8	-10589.	75.	33.30	0.67
8.3500	0.000	-0.072	-0.066	0.000	0.000	-0.001	-65.3	392.8	-10234.	774.	33.30	0.67
8.4000	0.000	-0.072	-0.069	0.000	0.000	-0.002	-175.4	391.6	-9887.	1458.	33.30	0.67
8.4500	0.000	-0.072	-0.073	0.000	0.000	-0.002	-279.4	390.6	-9544.	2110.	33.30	0.67
8.5000	0.000	-0.072	-0.076	0.000	0.000	-0.003	-375.2	390.2	-9202.	2718.	33.30	0.67
8.5500	0.000	-0.072	-0.080	0.000	0.000	-0.003	-461.6	390.4	-8863.	3270.	33.30	0.67
8.6000	0.000	-0.072	-0.084	0.000	0.000	-0.004	-538.2	390.9	-8531.	3759.	33.30	0.67
8.6500	0.000	-0.072	-0.087	0.000	0.000	-0.004	-604.6	391.6	-8216.	4178.	33.30	0.67
8.7000	0.000	-0.072	-0.091	0.000	0.000	-0.004	-660.0	392.0	-7933.	4523.	33.30	0.67
8.7500	0.000	-0.072	-0.094	0.000	0.000	-0.004	-703.3	392.3	-7698.	4786.	33.30	0.67
8.8000	0.000	-0.072	-0.098	0.000	0.000	-0.005	-733.0	392.5	-7528.	4966.	33.30	0.67
8.8500	0.000	-0.072	-0.102	0.000	0.000	-0.005	-748.0	392.9	-7437.	5058.	33.30	0.67

8.9000	0.000	-0.072	-0.105	0.000	0.000	-0.004	-748.3	393.9	-7438.	5061.	33.30	0.67
8.9500	0.000	-0.072	-0.109	0.000	0.000	-0.004	-734.5	395.4	-7537.	4977.	33.30	0.67
9.0000	0.000	-0.072	-0.112	0.000	0.000	-0.004	-707.7	397.6	-7733.	4807.	33.30	0.67
9.0500	0.000	-0.072	-0.116	0.000	0.000	-0.004	-669.5	400.3	-8020.	4557.	33.30	0.67
9.1000	0.000	-0.072	-0.120	0.000	0.000	-0.003	-621.1	403.5	-8384.	4231.	33.30	0.67
9.1500	0.000	-0.072	-0.123	0.000	0.000	-0.003	-563.0	407.1	-8809.	3835.	33.30	0.67
9.2000	0.000	-0.072	-0.127	0.000	0.000	-0.003	-495.8	411.2	-9279.	3376.	33.30	0.67
9.2500	0.000	-0.072	-0.130	0.000	0.000	-0.002	-419.9	415.8	-9774.	2863.	33.30	0.67
9.3000	0.000	-0.072	-0.134	0.000	0.000	-0.002	-336.3	420.5	-10280.	2307.	33.30	0.67
9.3500	0.000	-0.072	-0.138	0.000	0.000	-0.001	-246.5	425.3	-10782.	1718.	33.30	0.67
9.4000	0.000	-0.072	-0.141	0.000	0.000	0.000	-152.9	429.7	-11269.	1111.	33.30	0.67
9.4500	0.000	-0.072	-0.145	0.000	0.000	0.000	-57.9	433.6	-11735.	499.	33.30	0.67
9.5000	0.000	-0.072	-0.148	0.000	0.000	0.001	36.1	436.6	-12178.	-106.	33.30	0.67
9.5500	0.000	-0.072	-0.152	0.000	0.000	0.001	127.3	438.9	-12598.	-694.	33.30	0.67
9.6000	0.000	-0.072	-0.156	0.000	0.000	0.002	214.2	440.6	-13003.	-1257.	33.30	0.67
9.6500	0.000	-0.072	-0.159	0.000	0.000	0.002	296.0	441.8	-13398.	-1787.	33.30	0.67
9.7000	0.000	-0.072	-0.163	0.000	0.000	0.003	371.8	442.7	-13791.	-2277.	33.30	0.67
9.7500	0.000	-0.072	-0.166	0.000	0.000	0.003	440.6	443.7	-14184.	-2720.	33.30	0.67
9.8000	0.000	-0.072	-0.170	0.000	0.000	0.004	500.9	444.6	-14578.	-3109.	33.30	0.67
9.8500	0.000	-0.072	-0.174	0.000	0.000	0.004	551.1	445.4	-14965.	-3435.	33.30	0.67
9.9000	0.000	-0.072	-0.177	0.000	0.000	0.005	589.7	445.9	-15336.	-3691.	33.30	0.67
9.9500	0.000	-0.072	-0.181	0.000	0.000	0.005	615.8	445.9	-15678.	-3871.	33.30	0.67

BIODATA PENULIS

Edwina Santoso, lahir di kota Jakarta, 01 April 1997. Penulis telah menempuh pendidik formal di SDN Utama I Tarakan Kalimantan Utara, SMPN 29 Jakarta, dan SMAN 70 Jakarta. Pada tahun 2014, penulis melanjutkan Strata 1 di Departemen Teknik Kelautan melalui jalur Mandiri dan terdaftar dengan NRP. 04311440000124. Penulis sempat menjalani Kerja Praktek di PT. Synergy Engineering selama 2 bulan. Penulis aktif dalam kegiatan luar kampus. Buku Tugas Akhir yangberjudul “Analisis Kekuatan Riser Guard Pada Platform WHP-B Akibat Tubrukan Kapal” telah diselesaikan penulis dalam 1semester sebagai syarat akhirkelulusan. Permasalahan yang diangkat oleh penulismendasar kepada salah satubidang keahlian di Departemen TeknikKelautan.