



TUGAS AKHIR - ME 141501

STUDI KEKUATAN KONSTRUKSI PADA SAMBUNGAN
MOORING DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT
(PLT ARUS LAUT PLATFORM KATAMARAN)

Arief Rachman Suwandi
04211546000003

Dosen Pembimbing
Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.
Achmad Baidowi, S.T., M.T.

DEPARTMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018



TUGAS AKHIR - ME 141501

**STUDI KEKUATAN KONSTRUKSI PADA SAMBUNGAN
MOORING DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS
LAUT (PLT ARUS LAUT PLATFORM KATAMARAN)**

ARIEF RACHMAN SUWANDI

04211546000003

Dosen Pembimbing :

Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.

Achmad Baidowi, S.T., M.T.

**DEPARTMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

“ Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL PROJECT - ME 141501

**STUDY OF STRENGTH CONSTRUCTION ON THE MOORING
CONNECTION IN MARINE CURRENT POWER PLANT (PLT MARINE
CURRENT PLATFORM CATAMARAN)**

ARIEF RACHMAN SUWANDI

0421154600003

Supervisors :

Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.

Achmad Baidowi, S.T., M.T.

**MARINE ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018**

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI KEKUATAN KONSTRUKSI PADA SAMBUNGAN
MOORING DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT (PLT
ARUS LAUT PLATFORM KATAMARAN)**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk
mendapatkan gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Marine Manufacturing and Design
Departemen Teknik Sistem Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Disusun :

Arief Rachman Suwandi
0421154600003

Disetujui :

Dosen Pembimbing Tugas Akhir

1. **Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.**
NIP. 1969 1225 1997 02 1001

2. **Achmad Baidowi, S.T., M.T.**



Surabaya,
Januari 2018

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

LEMBAR PENGESAHAN

**STUDI KEKUATAN KONSTRUKSI PADA SAMBUNGAN
MOORING DI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT (PLT
ARUS LAUT PLATFORM KATAMARAN)**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk
mendapatkan gelar Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Marine Manufacturing and Design

Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Disusun :

Arief Rachman Suwandi

0421154600003

Disetujui :

Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan



Dr. Eng. M. Badruz Zaman, S.T., M.T.

NIP. 1977 0802 2008 01 1007

PERKAPALAN

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

**STUDI KEKUATAN KONSTRUKSI PADA SAMBUNGAN MOORING DI
PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT (PLT ARUS LAUT
PLATFORM KATAMARAN)**

Nama : Arief Rachman Suwandi
NRP : 0421154600003
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.
2. Achmad Baidowi, S.T., M.T

ABSTRAK

Studi kekuatan konstruksi sambungan *mooring* sangat penting karena *mooring system* yang akan menjaga posisi *platform* untuk tetap pada posisi yang telah ditentukan. Studi kekuatan konstruksi terfokus pada pondasi *winch*, dimana tegangan maksimum Von Misses, regangan dan *safety factor* sebagai acuan kekuatan yang diperhitungkan. Studi berawal dari lambung PLTAL di modelkan dengan *software* MOSES 7.0 untuk analisis respon strukturnya dan outputnya yang nantinya akan dijadikan input pada *software* ORCAFLEX 9.2 untuk analisis tegangan maksimum yang terjadi pada setiap *mooring line*. Tegangan maksimum yang didapatkan dari setiap *load scenario*. Tegangan maksimum yang terjadi pada *scenario* collinier sebesar 327,04 kN pada *nylon rope* sedangkan 437,62 kN pada *chain*. Untuk tegangan maksimum yang terjadi pada *scenario* non-collinier sebesar 285,65 kN pada *nylon rope* sedangkan 375,34 kN pada *chain*. Penelitian ini menggunakan *Finite Element Method*. Setelah mendapatkan tegangan maksimum yang terjadi, selanjutnya melakukan *modeling winch* menggunakan *software* SolidWork 2016 yang nantinya akan menahan *nylon rope* yang tersambung pada *buoy*. Hasil simulasi menunjukkan tegangan Von Misses yang terjadi sebesar 175,46 MPa, sedangkan *safety factor* sebesar 2,6. Jadi pondasi *winch* mampu menahan tarikan akibat beban lingkungan yang terjadi dan aman ketikan terjadi kondisi ekstim.

Kata kunci : PLTAL, *platform* katamaran, Von Misses Stress, *spread mooring*

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

**STUDY OF STRENGTH CONSTRUCTION ON THE MOORING
CONNECTION IN MARINE CURRENT POWER PLANT (PLT MARINE
CURRENT PLATFORM CATAMARAN)**

Nama : Arief Rachman Suwandi
NRP : 0421154600003
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Irfan Syarief Arief, S.T., M.T.
2. Achmad Baidowi, S.T., M.T

ABSTRACT

The study of the strength on the mooring connection construction is very important because the mooring system will keep the platform position to remain in a predetermined position. The study of the strength on the construction focused on the foundation of the winch, where the maximum of Von Misses stress, strain and safety factor as the reference. The study begins with the hull of the PLTAL platform modeled with MOSES 7.0 software for structural response analysis and its output which will be used as input on ORCAFLEX 9.2 software for maximum stress analysis that occurs on each mooring line. Maximum stress obtained from each load scenario. The maximum stress occurring in the collinier scenario is 327.04 kN in nylon rope while 437.62 kN in the chain. For the maximum stress that occurs in non-collinier scenario of 285.65 kN on nylon rope while 375.34 kN in the chain. This research uses Finite Element Method. After getting the maximum tension line that occurs, then do the modeling winch using SolidWork 2016 software that will hold the nylon rope that is connected to the buoy. The result of simulation shows that Von Misses stress is 175,46 MPa, while safety factor is 2,6. So the foundation of the winch is able to withstand the attraction due to the environmental load that occurs and is safe when extreme conditions occur.

Kata kunci : PLTAL, platform catamaran, Von Misses Stress, spread mooring

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

KATA PENGANTAR

Penulis bersyukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT yang telah memberikan anugerah dan rahmat-Nya sehingga tesisnya berhak "Studi Kekuatan Sambungan Mooring Di Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLT Arus Laut Platform Katamaran" dapat selesai dengan baik.

Tugas akhir ini dapat dilakukan dengan baik oleh penulis karena dukungan dari keluarga dan kolega saya. Karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ayah saya, Drs. Wawan Rohawan dan ibuku, Heni Sumiati dan untuk seluruh keluarga saya yang punya diberi cinta, dukungan, dan doa.
2. Bapak Irfan Syarif Arief, S.T., M.T. dan Achmad Baidowi, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dan memberikan banyak saran.
3. Bapak Juniarko Prananda, S.T., M.T. sebagai dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan motivasi.
4. Bapak Dr. Eng. M. Badrus Zaman, ST, MT selaku kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan.
5. Semua teman LJ 15 dan P-54, serta teman-teman dari teknik kelautan yang telah membantu penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.
6. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini adalah masih jauh dari sempurna. Karena itu, saran pun sangat disambut oleh penulis untuk kemajuan skripsi ini. Semoga laporan tugas akhir ini bisa bermanfaat untuk pembaca dan referensi untuk menulis.

Surabaya, 6 Januari 2018

Arief Rachman Suwandi

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan Skripsi	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Skripsi	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Teori Bangunan Apung	5
2.2 Teori Olah Gerak Kapal	11
2.3 Variasi Beban Lingkungan.....	13
2.4 Konsep Pembebanan	14
2.4.1 Beban Gelombang (<i>Wave Loads</i>).....	14
2.4.2 Beban Arus Laut (<i>Curent Loads</i>)	15
2.4.3 Beban Angin (<i>Wind Loads</i>).....	15
2.5 Spektrum Gelombang.....	15
2.6 Response Amplitude Operators (RAO).....	16
2.7 Sistem Tambat (<i>Mooring System</i>)	17
2.8 <i>Spread Mooring</i>	18

2.9	<i>Mooring Lines</i>	18
2.10	Penentuan <i>Mooring Lines</i>	18
2.11	Gaya Tarik pada <i>Mooring Lines</i>	19
2.12	Persamaan <i>Tension</i> Orcaflex dengan Standard Theoretical.....	20
2.13	Dasar Analisa Dinamis	21
2.14	<i>Finite Element Analysis</i>	22
2.15	Tegangan	23
2.15.1	Tegangan Normal	23
2.15.2	Tegangan Geser.....	24
2.15.3	Tegangan <i>Von Misses</i>	24
2.16	Regangan.....	26
BAB 3 METODELOGI PENELITIAN		27
3.1	Identifikasi Masalah	27
3.2	Studi Literatur	27
3.3	Data Penelitian	27
3.4	Desain Geometri.....	30
3.5	<i>Running Simulation</i>	30
3.6	Data Analisa	30
3.7	Kesimpulan.....	30
BAB 4 ANALISA DATA		32
4.1	Pemodelan Struktur <i>Platform</i>	32
4.2	Validasi Model	32
4.3	Perencanaan <i>Mooring Lines</i>	33
4.4	Analisa Olah Gerakan Struktur <i>Platform</i>	34
4.4.1	RAO Gerakan Translasional	35
4.4.2	RAO Gerakan Rotasional.....	38
4.5	Analisa <i>Tension</i> Tali Tambat <i>Spread Mooring</i> pada Kondisi Collinier	40
4.6	Analisa <i>Tension</i> Tali Tambat <i>Spread Mooring</i> pada Kondisi Non-Collinier.....	50
4.7	Analisa Kekuatan Konstruksi pada Sambungan <i>Mooring</i>	64

4.7.1 Perancangan Jumlah Gulungan Tali Tambat.....	64
4.7.2 Perhitungan Mekanika Teknik Untuk Beban atau Gaya yang Terjadi	64
4.7.3 Komponen Pendukung Poros	69
4.7.4 Pemodelan Geometri Struktur <i>Winch</i>	69
4.7.5 Simulasi Model Geometri Struktur <i>Winch</i>	70
4.7.5.1 Tegangan	70
4.7.5.2 Regangan	71
4.7.5.3 <i>Displacement</i>	72
4.7.5.4 <i>Safety Factor</i>	73
BAB 5 KESIMPULAN	74
5.1 Kesimpulan.....	74
5.2 Saran.....	75
DAFTAR PUSTAKA.....	76
LAMPIRAN	

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Platform</i> PLT arus laut	3
Gambar 2.1 Definisi - definisi ukuran utama kapal	7
Gambar 2.2 Titik yang berpengaruh pada stabilitas kapal <i>side view</i>	9
Gambar 2.3 Titik yang berpengaruh pada stabilitas kapal <i>front view</i>	9
Gambar 2.4 Jari - jari girasi <i>rolling</i>	10
Gambar 2.5 Jari - jari girasi <i>pitching</i>	10
Gambar 2.6 Jari - jari girasi <i>yawing</i>	10
Gambar 2.7 Olah gerak kapal terhadap gelombang	12
Gambar 2.8 Arah <i>heading</i> beban lingkungan.....	13
Gambar 2.9 Definisi gelombang reguler	14
Gambar 2.10 Bentuk umum grafik respon gerakan bangunan apung	17
Gambar 2.11 (a) <i>Spread mooring</i> (b) <i>Singel buoy mooring</i>	17
Gambar 2.12 Parameter <i>mooring line</i>	18
Gambar 2.13 <i>Finite Element Concept</i>	23
Gambar 2.14 Menunjukkan pola tegangan ideal sederhana	24
Gambar 2.15 Tegangan geser pada blok	24
Gambar 2.16 Komponen tegangan dalam geometri	25
Gambar 2.17 Regangan pada silinder.....	26
Gambar 3.1 <i>Wind Rose</i> di lokasi <i>platform</i> PLTAL	28
Gambar 3.2 <i>Current Rose</i> di lokasi <i>platform</i> PLTAL.....	29
Gambar 3.3 Lokasi pembangunan <i>platform</i> dan <i>mooring system</i>	29
Gambar 4.1 Pemodelan struktur PLTAL dengan <i>Maxsurf</i> tampak isometri.....	32
Gambar 4.2 <i>Mooring lines top view</i>	34
Gambar 4.3 <i>Mooring lines side view</i>	34
Gambar 4.4 Hasil pemodelan struktur pada <i>software Moses</i> Tampak isometri	35
Gambar 4.5 RAO gerakan <i>surge</i> dengan <i>heading</i> bervariasi	35
Gambar 4.6 RAO gerakan <i>sway</i> dengan <i>heading</i> bervariasi.....	36
Gambar 4.7 RAO gerakan <i>heave</i> dengan <i>heading</i> bervariasi.....	37

Gambar 4.8 RAO gerakan <i>roll</i> dengan <i>heading</i> bervariasi	38
Gambar 4.9 RAO gerakan <i>pitch</i> dengan <i>heading</i> bervariasi	39
Gambar 4.10 RAO gerakan <i>yaw</i> dengan <i>heading</i> bervariasi.....	39
Gambar 4.11 Beban lingkungan arah <i>heading</i> 0° kondisi collinier.....	40
Gambar 4.12 Grafik <i>tension</i> di <i>nylon line</i> pada <i>heading</i> 0°	41
Gambar 4.13 Grafik <i>tension</i> di <i>chain line</i> pada <i>heading</i> 0°	42
Gambar 4.14 Beban lingkungan arah <i>heading</i> 45° kondisi collinier.....	42
Gambar 4.15 Grafik <i>tension</i> di <i>nylon line</i> pada <i>heading</i> 45°	43
Gambar 4.16 Grafik <i>tension</i> di <i>chain line</i> pada <i>heading</i> 45°	44
Gambar 4.17 Beban lingkungan arah <i>heading</i> 90° kondisi collinier.....	44
Gambar 4.18 Grafik <i>tension</i> di <i>nylon line</i> pada <i>heading</i> 90°	45
Gambar 4.19 Grafik <i>tension</i> di <i>chain line</i> pada <i>heading</i> 90°	46
Gambar 4.20 Beban lingkungan arah <i>heading</i> 135° kondisi collinier.....	46
Gambar 4.21 Grafik <i>tension</i> di <i>nylon line</i> pada <i>heading</i> 135°	47
Gambar 4.22 Grafik <i>tension</i> di <i>chain line</i> pada <i>heading</i> 135°	48
Gambar 4.23 Beban lingkungan arah <i>heading</i> 180° kondisi collinier.....	48
Gambar 4.24 Grafik <i>tension</i> di <i>nylon line</i> pada <i>heading</i> 180°.....	49
Gambar 4.25 Grafik <i>tension</i> di <i>chain line</i> pada <i>heading</i> 180°	50
Gambar 4.26 Beban lingkungan arah <i>heading</i> 180° dan 45° kondisi non-collinier.....	51
Gambar 4.27 Grafik <i>tension</i> di <i>nylon line</i> pada <i>heading</i> 45°	52
Gambar 4.28 Grafik <i>tension</i> di <i>chain line</i> pada <i>heading</i> 45°	52
Gambar 4.29 Beban lingkungan arah <i>heading</i> 180° dan 90° kondisi non-collinier.....	53
Gambar 4.30 Grafik <i>tension</i> di <i>nylon line</i> pada <i>heading</i> 90°	54
Gambar 4.31 Grafik <i>tension</i> di <i>chain line</i> pada <i>heading</i> 90°	54
Gambar 4.32 Beban lingkungan arah <i>heading</i> 180° dan 135° kondisi non-collinier.....	55
Gambar 4.33 Grafik <i>tension</i> di <i>nylon line</i> pada <i>heading</i> 135°	56
Gambar 4.34 Grafik <i>tension</i> di <i>chain line</i> pada <i>heading</i> 135°	56
Gambar 4.35 Beban lingkungan arah <i>heading</i> 180° dan 45° kondisi non-collinier.....	57
Gambar 4.36 Grafik <i>tension</i> di <i>nylon line</i> pada <i>heading</i> 45°	58

Gambar 4.37 Grafik <i>tension</i> di <i>chain line</i> pada <i>heading</i> 45°	59
Gambar 4.38 Beban lingkungan arah <i>heading</i> 180° dan 90° kondisi non-collinier.....	60
Gambar 4.39 Grafik <i>tension</i> di <i>nylon line</i> pada <i>heading</i> 90°	61
Gambar 4.40 Grafik <i>tension</i> di <i>chain line</i> pada <i>heading</i> 90°	61
Gambar 4.41 Beban lingkungan arah <i>heading</i> 180° dan 135° kondisi non-collinier.....	62
Gambar 4.42 Grafik <i>tension</i> di <i>nylon line</i> pada <i>heading</i> 135°	63
Gambar 4.43 Grafik <i>tension</i> di <i>chain line</i> pada <i>heading</i> 135°	63
Gambar 4.44 Perencanaan jumlah lilitan pada drum <i>winch</i>	64
Gambar 4.45 Ilustrasi pembebanan dari tarikan <i>mooring</i> pada poros dititik tengah.....	65
Gambar 4.46 Pembagian perhitungan mencari moment	66
Gambar 4.47 Diagram bending moment dititik tengah poros	66
Gambar 4.48 Ilustrasi pembebanan dari tarikan <i>mooring</i> pada poros dititik samping	66
Gambar 4.49 Pembagian perhitungan mencari moment	67
Gambar 4.50 Ilustrasi pembebanan dari berat <i>nylon rope</i> dan drum pada poros	68
Gambar 4.51 Katalog <i>bearing</i> yang digunakan.....	69
Gambar 4.52 Model geometri <i>winch</i>	70
Gambar 4.53 Hasil tegangan maksimum von misses	71
Gambar 4.54 Hasil simulasi regangan.....	71
Gambar 4.55 Hasil simulasi <i>displacement</i>	72
Gambar 4.56 Hasil simulasi <i>safety factor</i>	73

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Data struktur <i>buoy</i>	27
Tabel 3.2 Data struktur lambung katamaran	28
Tabel 3.3 Tinggi gelombang signifikan tiap arah mata angin	28
Tabel 3.4 Data lingkungan saat kondisi maksimum.....	28
Tabel 3.5 Kordinat <i>platform</i> dan <i>mooring system</i> PLTAL di lokasi	29
Tabel 3.6 Load scenario kondisi collinier	29
Tabel 3.7 Load scenario kondisi non-collinier	30
Tabel 4.1 Validasi model berdasarkan ABS <i>rules</i>	33
Tabel 4.2 Ringkasan nilai RAO tertinggi	40
Tabel 4.3 Nilai <i>tension</i> tali tambat untuk kondisi collinier pada <i>heading</i> 0°	41
Tabel 4.4 Nilai <i>tension</i> tali tambat untuk kondisi collinier pada <i>heading</i> 45°	43
Tabel 4.5 Nilai <i>tension</i> tali tambat untuk kondisi collinier pada <i>heading</i> 90°	45
Tabel 4.6 Nilai <i>tension</i> tali tambat untuk kondisi collinier pada <i>heading</i> 135°	47
Tabel 4.7 Nilai <i>tension</i> tali tambat untuk kondisi collinier pada <i>heading</i> 180°	49
Tabel 4.8 Nilai <i>tension</i> tali tambat untuk kondisi non-collinier pada <i>heading</i> 45°	51
Tabel 4.9 Nilai <i>tension</i> tali tambat untuk kondisi non-collinier pada <i>heading</i> 90°	53
Tabel 4.10 Nilai <i>tension</i> tali tambat untuk kondisi non-collinier pada <i>heading</i> 135°	55
Tabel 4.11 Nilai <i>tension</i> tali tambat untuk kondisi non-collinier pada <i>heading</i> 45°	58
Tabel 4.12 Nilai <i>tension</i> tali tambat untuk kondisi non-collinier pada <i>heading</i> 90°	60
Tabel 4.13 Nilai <i>tension</i> tali tambat untuk kondisi non-collinier pada <i>heading</i> 135°	62

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A General Arrangement Platform dan Mooring Lines PLT Arus Laut

LAMPIRAN B Hasil Simulasi dari Moses

LAMPIRAN C Hasil Simulasi dari OrcaFlex

LAMPIRAN D Hasil Simulasi dari SolidWork

LAMPIRAN E Katalog Chain, Nylon, Poros, dan Bearing

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan suatu Negara Maritim terbesar di dunia. Dengan Potensi 2/3 wilayah yang merupakan lautan. Dengan pontensi yang dimiliki Indonesia, maka sektor laut yang dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Dikarenakan semakin meningkatnya permintaan listrik dalam beberapa dekade terakhir, membuat suatu ajungan lepas pantai (*offshore*) menjadi salah satu energi alternatif untuk Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) yang baik diterapkan di Indonesia. Penelitian ini diambil berdasarkan data yang diambil dari arus laut di wilayah perairan selat Toyapakeh Nusa Penida, Bali. Karena di wilayah Nusa Penida kebutuhan listriknya belum tersuplai dengan baik dan perairan sekitarnya mempunyai kecepatan arus laut yang tinggi dan cocok untuk dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut[1].

Struktur terapung (*floating structures*) adalah salah satu teknologi pada bangunan lepas pantai yang memiliki fungsi utama yang sama yakni eksplorasi energi laut di lepas pantai. Struktur terapung memiliki kelebihan dibandingkan dengan struktur terpancang karena dinilai lebih ekonomis sebab dapat dimanfaatkan kembali ketika masa operasinya telah selesai.

PLT Arus Laut adalah salah satu struktur terapung atau *platform* yang digunakan untuk kegiatan eksplorasi energi laut di lepas pantai. *Platform* PLT Arus Laut memiliki fungsi mengubah energi arus laut menjadi energi listrik dengan memanfaatkan putaran turbin yang tercelup kedalam laut, dimana listrik tersebut dapat digunakan untuk kebutuhan manusia. Selama masa operasi, *platform* PLT Arus Laut mengalami pergerakan pada perairan kondisi tertentu sangat dipengaruhi beban lingkungan seperti beban gelombang laut, angin, dan arus laut sehingga diperlukan adanya analisis dan perhitungan mengenai besaran atau kecenderungan pergerakan *platform* PLT Arus Laut tersendiri agar mampu dipastikan aman dalam beroperasi.

Sistem tambat (*mooring system*) merupakan salah satu teknologi struktur terapung yang berkembang, dimana berfungsi untuk meredam pergerakan struktur terapung yang ditambat karena bersifat mampu bergerak bebas mengikuti beban lingkungan sekitarnya. Artinya, struktur terapung seperti *platform* PLT Arus Laut walaupun bergerak sesuai arah beban lingkungan namun tetap tertambat pada tali tambat (*mooring line*) sehingga kegiatan pemanfaatan energi arus laut sehingga dapat beroperasi secara aman. Jenis

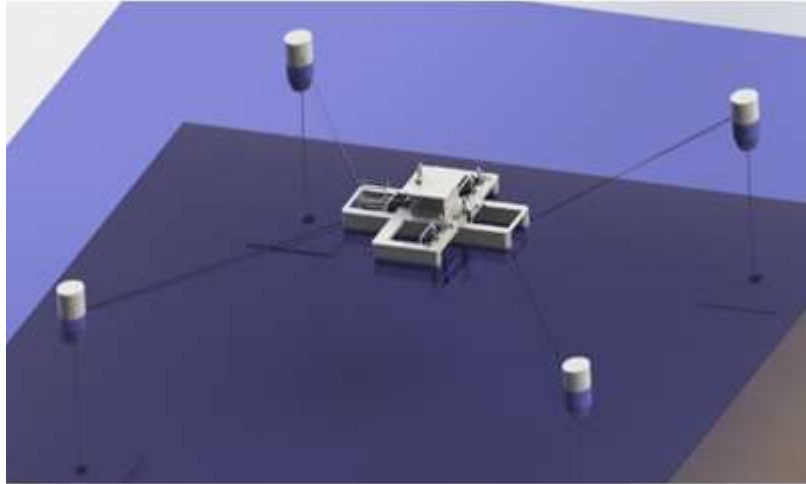
sistem tambat yang digunakan pada *platform* PLT Arus Laut adalah *spread mooring*.

Spread mooring merupakan sistem tambat dengan *multiple mooring legs* yang dipasang menyebar pada bagian *bow* dan *stern* pada kapal. *Spread mooring* merupakan salah satu sistem tambat yang cocok untuk sarana tambat *platform* PLT Arus Laut dimana sesuai fungsinya yaitu mengubah energi arus laut menjadi energi listrik. Pada PLT Arus Laut yang bagian atasnya terdapat fasilitas turbin yang akan mengubah energi arus laut menjadi listrik. Sehingga diperlukan posisi *fixed heading* menjadi suatu kebutuhan yang penting. Maka dari itu digunakan sistem tambat *spread mooring*, karena pergerakan ataupun perputaran dari kapal sangat berpengaruh pada kinerja turbin.

Oleh sebab itu, sangat penting untuk menganalisis sistem tambat yang tujuannya untuk menjaga operabilitas dan keselamatan kinerja *platform* PLTAL. Analisis terhadap sistem tambat dalam berbagai kondisi cuaca juga penting dilakukan untuk mengetahui pengaruh pendorong dan redaman dari sistem tambat pada saat berbagai olah gerakan yang terjadi dan kekuatan dari sistem tambat.

Pada penelitian ini akan dianalisa besaran tegangan yang terjadi akibat perilaku gerakan dinamis *platform* PLT Arus Laut dengan membandingkan hasil *mooring tension* pada kondisi collinier dan non-collinier. Dimana collinier arah datangnya beban lingkungan serah, sedangkan non-collinier arah datangnya beban lingkungan berbeda-beda. Analisis dilakukan dengan menggunakan simulasi *time domain*, dimana pendekatan yang dilakukan akan menggunakan prosedur integrasi waktu dan menghasilkan *time history response* berdasarkan fungsi waktu $x(t)$.

Setelah mengetahui besaran tegangan yang terjadi pada *mooring line* terhadap *platform* PLT Arus Laut. Sehingga dapat dilakukan analisa selanjutnya mengenai bagaimana kekuatan konstiksi pada sambungan *mooring* yang terjadi pada pondasi *winch*.



Gambar 1.1 Platform PLT arus laut

Sumber : Laporan Ded PLTAL selat Toypakeh

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang sudah dijelaskan diatas, maka dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana respon gerakan dari *platform* saat terkena beban lingkungan ekstrim ?
2. Bagaimana tegangan yang terjadi pada *mooring lines* dari *platform* saat terkena beban lingkungan ekstrim ?
3. Bagaimana tegangan kosntruksi yang terjadi pada struktur sambungan *mooring* ?

1.3 Tujuan Skripsi

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui respon gerakan dari *platform* saat terkena beban lingkungan ekstrim.
2. Mengetahui tegangan yang terjadi pada *mooring lines* dari *platform* saat terkena beban lingkungan ekstrim.
3. Mengetahui tegangan kosntruksi yang terjadi pada struktur sambungan *mooring*.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Metode penyelesaian & analisa dilakukan menggunakan *Finite Element Method* (FEM)[2].
2. *Mooring system* yang digunakan adalah sistem *spread mooring*.

3. Analisa hanya akan difokuskan pada sambungan *mooring*.
4. Menggunakan kondisi lingkungan selat Toyapakeh Nusa Penida-Bali berupa gelombang, arus, dan angin.
5. Analisis dinamis menggunakan simulasi *time domain* sebagai metode untuk mencari nilai *tension* dari sistem tambat.
6. Gerakan *platform* yang ditinjau adalah *surge*, *sway*, *heave*, *roll*, *pitch*, dan *yaw*.
7. *Standard rules* pada Tugas Akhir mengacu pada *ABS class*.

1.5 Manfaat Skripsi

Manfaat yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah:

1. Sebagai bahan pembelajaran untuk mengetahui tegangan maksimum pada sambungan *mooring*.
2. Sebagai bahan pembelajaran untuk mengetahui bentuk secara umum dari konstruksi sambungan *mooring*.
3. Mengetahui nilai *safety factor* yang diizinkan.
4. Sebagai bahan pembelajaran untuk mengetahui prinsip kerja dari *Mooring*

“ Halaman ini sengaja dikosongkan ”

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Bangunan Apung

Suatu hal yang menjadi dasar penting untuk diketahui dalam penelitian tugas akhir ini adalah mengenai teori bangunan kapal mengenal beberapa istilahnya. Berikut ini beberapa istilah yang umum digunakan [3]:

- Ukuran Utama Kapal
 - a. *Length Between Perpendicular* (Lpp)

Panjang kapal yang menghubungkan antara dua garis tegak yaitu jarak horizontal antara garis tegak depan/haluan/FP dengan garis tegak belakang/buritan/AP. *After Perpendicular* (AP) adalah garis tegak buritan yaitu garis tegak yang terletak berimpit pada sumbu poros kemudi, sedangkan *Front Perpendicular* (FP) adalah garis tegak haluan di mana garis tegak yang terletak pada titik potong antara linggi haluan dengan garis air pada sarat air muatan penuh yang telah direncanakan.

- b. *Length of Water Line* (Lwl)

Length of water line adalah panjang garis air yang diukur mulai dari perpotongan linggi buritan dengan garis air pada sarat sampai dengan pada perpotongan linggi haluan dengan garis air/FP (jarak mendatar antara kedua ujung garis muat). Sebagai pendekatan, panjang garis air dapat dirumuskan sebagai fungsi dari Lpp yaitu:

$$Lwl = Lpp + (2 \div 4)\%Lpp \quad (2.1)$$

- c. *Length of Displacement* (Ldisp)

Length of displacement adalah panjang kapal imajiner yang terjadi karena adanya perpindahan fluida sebagai akibat dari tercelupnya badan kapal. Dalam kaitan perancangan Lines Plan dengan metode diagram NSP (*Nederlandsch Scheepbouwkundig Proefstation*), panjang ini digunakan untuk menentukan seberapa besar luasan-luasan bagian yang tercelup air, pada saat Ldisp dibagi menjadi 20 station. Panjang displacement dirumuskan sebagai rata-rata antara Lpp dan Lwl, yaitu:

$$L_{disp} = \frac{1}{2}(L_{pp} + L_{wl}) \quad (2.2)$$

d. *Length Over All* (L_{oa})

Length over all adalah panjang keseluruhan kapal yang diukur dari ujung bagian belakang kapal sampai dengan ujung bagian depan badan kapal.

e. *Breadth* (B)

Lebar kapal yang diukur pada sisi dalam pelat di tengah kapal (*amidship*).

f. *Depth* (H)

Tinggi geladak utama (*main deck*) kapal adalah jarak vertikal yang diukur pada bidang tengah kapal (*midship*) dari atas keel (lunas) sampai sisi atas geladak di sisi kapal.

g. Draught atau Draft (T)

Sarat air kapal yaitu jarak vertikal yang diukur dari sisi atas keel sampai dengan garis air (*waterline*) pada bidang tengah kapal (*midship*).

h. *Service Speed* (V_s)

Kecepatan dinas adalah kecepatan operasional kapal saat berlayar di laut. Kecepatan dinas umumnya (60÷80)% kecepatan maksimum.

i. *Displacement* (Δ)

Displacement merupakan berat keseluruhan badan kapal termasuk di dalamnya adalah konstruksi badan kapal, permesinan dan sistemnya, elektrik dan sistemnya, furnitur dan interior, *crew* dan bawanya, logistik, bahan bakar, pelumas, air tawar, dan muatan kapal.

$$\Delta = LWT + DWT \quad (2.3.1)$$

$$\Delta = L_{wl} \times B \times T \times C_b \times \gamma_{air \text{ laut}} \quad (2.3.2)$$

$$\Delta = \nabla \times \gamma_{air \text{ laut}} \quad (2.3.3)$$

j. *Volume Displacement* (∇)

Volume displacement adalah volume perpindahan fluida (air) sebagai akibat adanya bagian badan kapal yang tercelup di bagian bawah permukaan air.

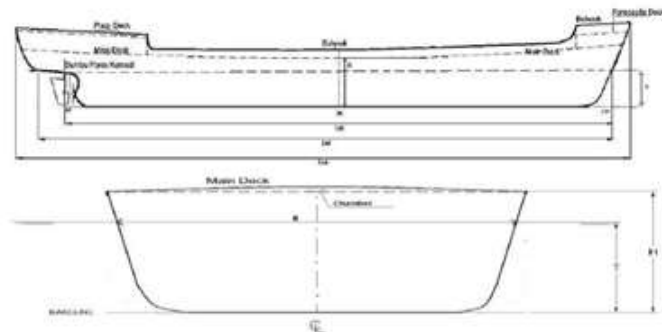
$$\nabla = L_{wl} \times B \times T \times C_b \quad (2.4)$$

k. *Light Weight* (LWT)

Light weight adalah berat komponen-komponen dalam kapal yang 'tidak berubah' dalam fungsi waktu operasional kapal. Secara umum yang termasuk dalam LWT adalah berat-berat konstruksi badan kapal, mesin induk dan sistemnya, mesin bantu dan sistemnya, pompa-pompa dan sistemnya, perpipaan, instalasi listrik, interior diruang akomodasi, peralatan dapur, peralatan navigasi dan komunikasi, *crane*, perlengkapan keselamatan, winch, rantai jangkar, jangkar, propeller, kemudi dan peralatan atau perlengkapan lainnya.

l. *Dead Weight* (DWT)

Dead weight adalah berat komponen-komponen dalam kapal yang dapat 'berubah' dalam fungsi waktu operasional kapal. Secara umum yang termasuk dalam DWT adalah berat-berat (muatan cair/padat, bahan bakar, minyak pelumas, air tawar, logistik, *crew* dan bawaannya, foam/cairan kimia untuk pemadam kebakaran)



Gambar 2.1 Definisi-definisi ukuran utama kapal [3]

- Titik yang berpengaruh pada stabilitas
 - a. Titik Berat/ Gravitasi (G)

Titik gravitasi adalah titik pusat berat kapal keseluruhan atau titik tangkap gaya berat kapal keseluruhan dan dipengaruhi oleh bentuk konstruksi kapal dan posisi/berat komponen yang ada (permesinan, peralatan, perlengkapan, muatan, bahan bakar, dan air tawar).

b. Titik Apung (B)

Titik apung adalah titik pusat/titik berat volume badan kapal di bawah garis air/titik apung/titik tangkap gaya tekan ke atas dan dipengaruhi oleh bentuk kapal di bawah permukaan air.

c. Titik Metasentrik (M)

Dapat didefinisikan sebagai titik perpotongan antara gaya tekan ke atas pada saat *even keel* dengan gaya tekan ke atas pada saat kapal mengalami kemiringan. Titik M dapat digambarkan dalam suatu grafik yang tergantung dari sudut kemiringan.

d. Tinggi Titik Metasentrik terhadap *Keel* (KM)

Tinggi titik metasentrik terhadap atau di atas lunas (*keel*) adalah jumlah jarak dari *keel* ke titik apung (KB) dan jarak titik apung ke metasentrik (BM) sehingga KM juga dapat dihitung dengan rumus:

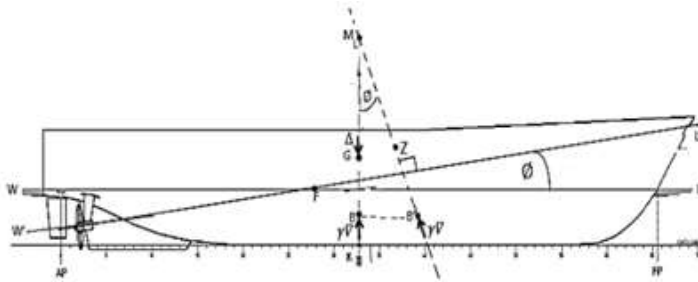
$$KM = KB + BM \quad (2.5)$$

e. Tinggi Titik Apung Terhadap *Keel* (KB)

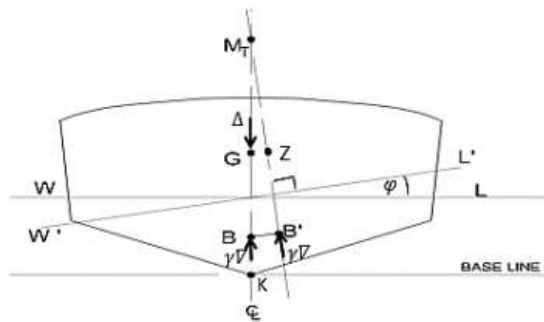
Tinggi titik apung terhadap keel adalah titik *buoyancy* vertikal kapal yang diukur dari *keel* sampai titik B (apung). KB juga biasa diidentikkan dengan istilah VCB (*Vertical Centre of Buoyancy*).

f. Tinggi Titik Berat terhadap *Keel* (KG)

Tinggi titik berat terhadap *keel* adalah titik berat vertikal kapal yang diukur dari *keel* sampai titik G (berat/gravitasi). KG juga biasa diidentikkan dengan istilah VCG (*Vertical Centre of Gravity*).



Gambar 2.2 Titik yang berpengaruh pada stabilitas kapal *side view* [3]



Gambar 2.3 Titik yang berpengaruh pada stabilitas kapal *front view* [3]

- Komponen hidrostatis kapal dalam analisa *Response Amplitudo Operator* (RAO)

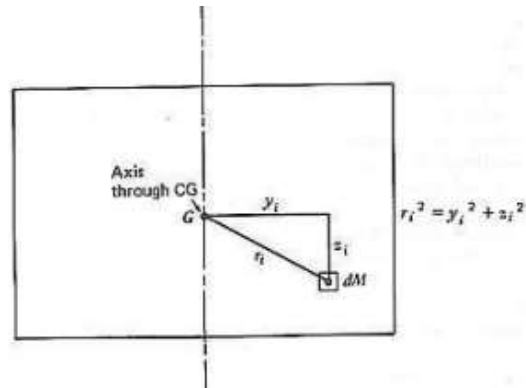
Penting untuk diketahui dan dipahami terkait elemen-elemen yang berpengaruh pada analisis respons gerak suatu struktur terapung melalui perhitungan RAO terutama penggunaan pada *software Moses* yang dibutuhkan beberapa data komponen hidrostatis untuk diinputkan. Di antaranya dan penjelasannya adalah sebagai berikut:

a. Jari-jari Girasi

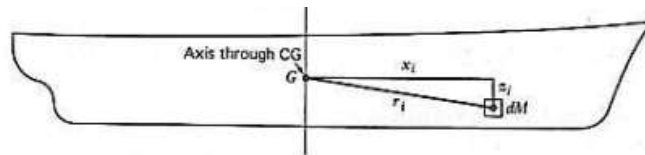
Dalam dunia *engineering*, jari-jari girasi sering diaplikasikan dalam berbagai keadaan. Misalnya untuk *structure engineering* dan *naval architect*. Pengertian jari-jari girasi adalah jarak yang menunjukkan distribusi massa (atau area) dari benda tersebut. Pada daerah lingkaran dengan jari-jari tersebut dianggap massa (atau area) terdistribusi secara sama. Jari-jari girasi juga sering digunakan dalam dunia teknik perkapalan karena kapal memiliki 6 DoF (*Degree of Freedom*)/6 derajat kebebasan sehingga jari-jari

girasinya pun ada tiga yaitu: terhadap sumbu x (r_x), y (r_y), dan z (r_z). Jari-jari girasi ini adalah akar jarak antara *centre of gravity* dengan bagian dari objek yang ditinjau. Jari-jari girasi berguna untuk mengetahui kekakuan atau *stiffness* dari sebuah struktur [4].

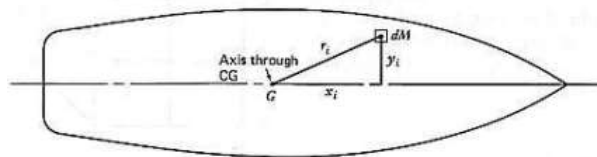
Jari-jari girasi kapal untuk *rolling* (k_{xx}), *pitching* (k_{yy}), dan *yawing* (k_{zz}) ditunjukkan pada Gambar 2.4-2.6.



Gambar 2.4 Jari-jari girasi *rolling* [5]



Gambar 2.5 Jari-jari girasi *pitching* [5]



Gambar 2.6 Jari-jari girasi *yawing* [5]

Jika distribusi massa solid pada kapal tidak diketahui, maka jari-jari girasinya bisa didapatkan dengan pendekatan sebagai berikut :

$$K_{xx} = 0.30 \times B \text{ to } 0.40 \times B \quad (2.6.1)$$

$$K_{yy} = 0.22 \times L \text{ to } 0.28 \times L \quad (2.6.2)$$

$$K_{zz} = 0.22 \times L \text{ to } 0.28 \times L \quad (2.6.3)$$

Dimana L adalah panjang kapal dan B adalah lebar pada kapal. Jari-jari girasi pada gerakan *roll* (k_{xx}), *pitch* (k_{yy}), dan *yaw* (k_{zz}) diusulkan oleh Bureau Veritas (BV) dengan pendekatan sebagai berikut :

$$K_{xx} = 0.289 \cdot B \cdot \left(1.0 + \left(\frac{2 \cdot \overline{KG}}{B} \right)^2 \right) \quad (2.7.1)$$

$$K_{yy} = K_{zz} = \sqrt{\frac{1}{12}} \cdot L \quad (2.7.2)$$

Dimana \overline{KG} adalah tinggi titik berat atau gravitasi di atas *keel*.

b. Longitudinal Centre of Gravity

Longitudinal centre of gravity adalah titik berat longitudinal kapal yang diukur dari *midship* (ke belakang AP/ke depan FP).

c. Transverse Centre of Gravity

Transverse centre of gravity adalah titik berat transversal/datar melintang yang diukur dari posisi *centre line* ke kanan atau ke kiri.

2.2 Teori Olah Gerak Kapal

Pada dasarnya kapal yang berada diatas permukaan laut akan selalu memperoleh gaya external yang menyebabkan kapal bergerak (*ship moving*). Gerakan kapal ini disebabkan adanya faktor dari luar terutama oleh gelombang. Dalam memperoleh perlakuan dari gelombang kapal mengalami 6 derajat kebebasan yaitu [6]:

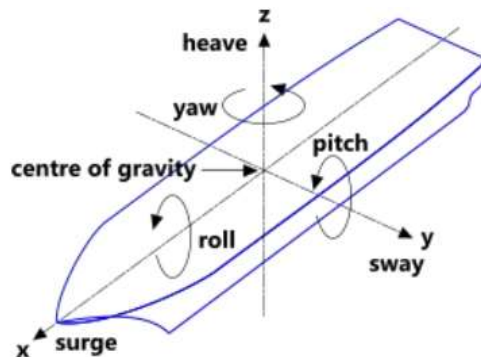
- *Pitching*, gerakan osilasi rotasional arah sumbu Y.
- *Yawing*, gerakan osilasi rotasional arah sumbu Z.
- *Rolling*, gerakan osilasi rotasional arah sumbu X.
- *Heaving*, gerakan osilasi transversal arah sumbu Z.
- *Surging*, gerakan osilasi transversal arah sumbu X.
- *Swaying*, gerakan osilasi transversal arah sumbu Y.

Berikut ini persamaan umum gerak respons suatu sistem pada gelombang reguler [5]:

$$a\ddot{\eta} + b\dot{\eta} + c\eta = F \cos \omega_e t \quad (2.8)$$

Keterangan,

- a : koefisien komponen gaya inersia (kg)
- b : koefisien komponen gaya redaman (N.s/m atau N.s/derajat)
- c : koefisien komponen gaya kekakuan (N/m atau N/derajat)
- η : respons pada derajat kebebasan tertentu (m atau derajat)
- $\dot{\eta}$: kecepatan respons pada derajat kebebasan tertentu (m/s atau derajat/s)
- $\ddot{\eta}$: percepatan respons pada derajat kebebasan tertentu (m/s² atau derajat/s²)
- F_0 : amplitudo gaya eksitasi (m)
- ω_e : frekuensi gelombang papasan atau *encountering* (rad/s)



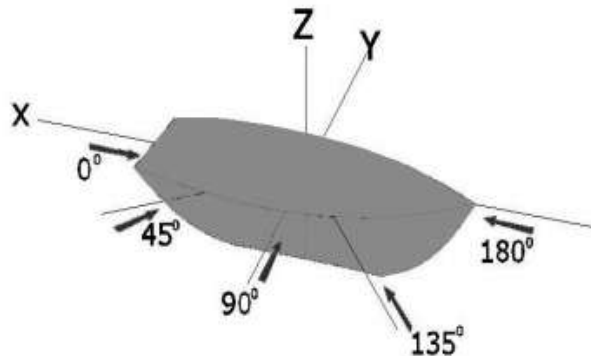
Gambar 2.7 Olah gerak kapal terhadap gelombang

Sumber : www.calqlata.com

2.3 Variasi Beban Lingkungan

Variasi beban lingkungan berdasarkan gelombang. Sudut masuk gelombang yang dimaksud disini adalah arah datang gelombang yang diukur dari bagian-bagian kapal. Pada penelitian ini sudut masuk gelombang ditinjau dari 5 (lima) arah yang secara garis besar merepresentasikan arah gelombang ketika menerpa badan kapal saat beroperasi di perairan [6].

1. *Head Seas*, arah gerak kapal dan arah gerak gelombang membentuk sudut 180° .
2. *Bow Quartering Seas*, arah gerak kapal dan arah gerak gelombang membentuk sudut 135° .
3. *Beam Seas*, arah gerak kapal dan arah gerak gelombang membentuk sudut 90° .
4. *Stern Quartering Seas*, arah gerak kapal dan arah gerak gelombang membentuk sudut 45° .
5. *Following Seas*, arah gerak kapal dan arah gerak gelombang membentuk sudut 0° .



Gambar 2.8 Arah *heading* beban lingkungan[6]

Hubungan antara arah *heading* dengan olah gerak kapal yaitu arah *heading* atau dari beban lingkungan yang menyebabkan terjadinya gerakan transversal dan rotasional sehingga kapal mengalami 6 jenis gerakan bebas kapal.

2.4 Konsep Pembebanan

Dalam suatu proses perancangan bangunan lepas pantai, untuk menentukan kemampuan kerja suatu struktur akan dipengaruhi oleh beban yang terjadi pada bangunan tersebut. Sehingga perancangan harus menentukan akurasi atau ketepatan beban yang akan diterapkan dalam perancangan. Adapun beban-beban yang harus dipertimbangkan dalam perancangan bangunan lepas pantai adalah sebagai berikut [7]:

4.7.1 Beban Gelombang (*Wave Loads*)

Teori gelombang reguler diidentikkan dengan memiliki amplitudo yang kecil di mana asumsi tinggi gelombangnya sangat kecil dibandingkan panjang gelombang atau kedalaman laut. Karena rumitnya menyederhanakan perumusan matematis gelombang yang kompleks maka asumsi tersebut diharapkan dapat memberikan keleluasaan syarat batas-batas tertentu untuk mendapatkan rumusan sederhana teori gelombang reguler. Meskipun secara pengamatan bahwa teori gelombang reguler mustahil diterapkan secara langsung pada kondisi gelombang yang riil namun jika hasil teori gelombang reguler di superposisi dengan ketentuan yang ada maka dapat disesuaikan untuk diterapkan pada kondisi gelombang laut riil yang sifatnya acak [7].



Gambar 2.9 Definisi gelombang reguler [7]

Keterangan,

- λ_w : panjang gelombang (m) yaitu $K_w = 2\pi / \lambda_w$
- K_w : angka gelombang – jumlah siklus gelombang yang terjadi dalam satu meter (rad/m)
- c : kecepatan gelombang atau *wave celerity* (m/s)

- T : periode gelombang (s) berhubungan dengan $\omega = 2\pi/T$
- ω : frekuensi gelombang – jumlah siklus gelombang yang terjadi dalam satu sekon (rad/s)
- H : tinggi gelombang (m)
- ζ_0 : amplitudo gelombang atau $\zeta_0 = H/2$ (m)
- ζ : elevasi permukaan gelombang (m)
- d : kedalaman laut (m)

$$\Phi = \frac{\zeta_0 g}{\omega} \frac{\cosh(K_w(z+d))}{\cosh(K_w d)} \cos(\omega t - K_w X) \quad (2.9)$$

4.7.2 Beban Arus Laut (*Current Loads*)

Tidak hanya gelombang, beban arus juga merupakan salah satu beban lingkungan yang memberikan gaya terhadap *offshore structure*. Arus akibat pasang surut memiliki kecepatan yang semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman sesuai fungsi *non-linier*. Sedangkan arus yang disebabkan oleh angin memiliki karakter yang sama, tetapi dalam fungsi *linier*.

4.7.3 Beban Angin (*Wind Loads*)

Beban lingkungan lain yang bersifat dinamis adalah beban angin, tetapi beberapa struktur akan meresponnya pada model statis yang paling mendekati. Dalam perancangan sebuah *offshore structure* pada umumnya, perhitungan beban angin diisyaratkan untuk didasarkan pada besarnya kecepatan ekstrim dengan waktu pengulangan 50 atau 100 tahun. Semakin lama waktu yang digunakan untuk pengulangan, maka resiko kegagalan semakin besar.

2.5 Spektrum Gelombang

Spektrum gelombang adalah salah satu konsep awal dalam pengembangan analisis untuk mengetahui fenomena fisik gelombang acak yang selanjutnya dapat diketahui bagaimana karakteristik bangunan apung pada kondisi riil. Pada prinsipnya gelombang acak merupakan superposisi dari gelombang-gelombang

reguler yang jumlahnya tak hingga dan tidak ada satu pun gelombang reguler yang mengalami pengulangan yang sama.

Untuk dapat mendefinisikan gelombang acak secara matematis maka perlu diketahui yang berhubungan dengan energi gelombang sebab pada prinsipnya sebuah gelombang reguler memuat energi yang berarti setiap unit atau satuan luas permukaannya adalah sama dengan nilai kuadrat amplitudonya [7].

$$E_n = \frac{1}{2} \rho g \zeta_0^2 \quad (2.10)$$

Keterangan,

E_n : komponen energi gelombang reguler ke-n (N/m)

ζ_0 : amplitudo gelombang (m)

ρ : massa jenis air laut (kg/m^3)

g : percepatan gravitasi (m/s^2)

Spektrum gelombang JONSWAP adalah salah satu model spektrum yang memiliki kemiripan fisik lingkungan dengan perairan laut Indonesia umumnya namun tidak segeanas North Sea yang merupakan lokasi hasil eksperimennya. Namun, diharapkan dengan penggunaan model spektrum tersebut dapat meningkatkan keamanan dalam perancangan struktur bangunan apung.

2.6 *Response Ampiltude Operators (RAO)*

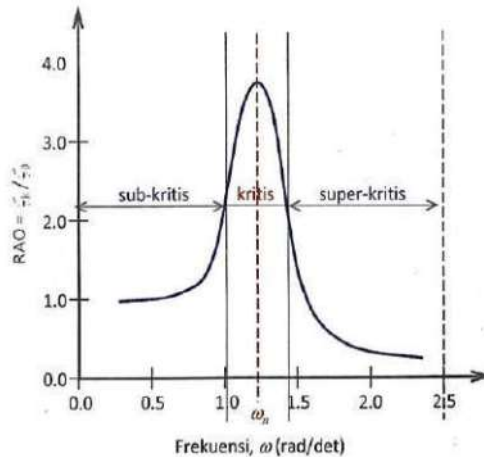
Response Amplitud Operator (RAO) adalah fungsi atau operator matematis untuk mengetahui respon dari bangunan apung yang berdasarkan amplitudonya sebagai akibat beban eksitasi gelombang dalam rentang frekuensi atau periode tertentu. Dengan kata lain, RAO adalah informasi karakteristik gerakan bangunan laut terhadap gelombang dengan fungsi sebuah operator. RAO juga dikatakan sebagai transfer function karena RAO adalah operator atau alat untuk menransfer beban luar yakni gelombang dalam bentuk respon pada suatu struktur. Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi adalah perbandingan langsung antara amplitudo gerakannya dibanding dengan amplitudo gelombang insiden (dalam satuan panjang atau meter).[7]

$$\text{RAO} = \frac{\zeta_{k0}}{\zeta_0} \quad (\text{m/m}) \quad (2.11)$$

Sedangkan respon non dimensi atau RAO untuk gerakan rotasional adalah perbandingan antara amplitudo gerakan rotasi (dalam degree dan meter) dengan

kemiringan gelombang, yakni perkalian antara angka gelombang dengan amplitudo gelombang insiden :

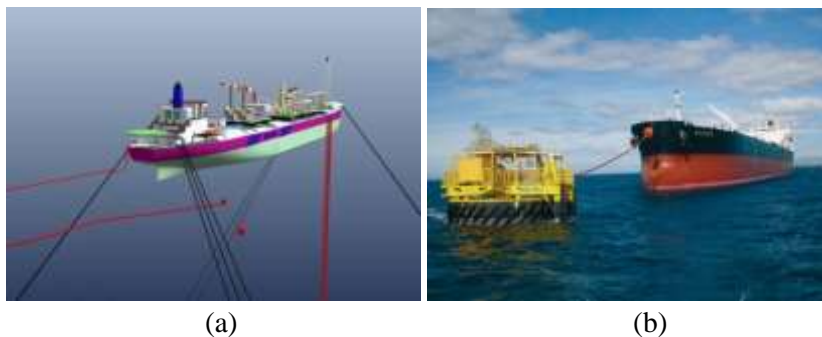
$$RAO = \frac{\zeta_{k0}}{K_w \zeta_0} = \frac{\zeta_{k0}}{(\omega^2/g)\zeta_0} \text{ (deg/deg)} \quad (2.12)$$



Gambar 2.10 Bentuk umum grafik respon gerakan bangunan apung[7]

2.7 Sistem Tambat (*Mooring System*)

Pada prinsipnya sistem tambat berfungsi untuk meredam pergerakan kapal akibat beban lingkungan sehingga posisi kapal tetap berada pada tempatnya dalam masa operasi. Sistem tambat terbagi menjadi dua kategori yakni: 1) Sifatnya *weathervaning* bagi yang ditambat (*SBM*, *turret mooring system*, dan *tower yoke mooring system*); 2) Sifatnya *non-weathervaning* bagi yang ditambat (*spread mooring system* dan *jetty mooring system*).



Gambar 2.11 (a) *Spread mooring* (b) *Singel buoy mooring*
Sumber : <http://www.bluewater.com> & marineinsight.com

2.8 *Spread Mooring*

Spread mooring merupakan sistem dengan banyak garis tambatan yang diposisikan di sudut kapal, yang berfungsi untuk menahan kapal agar tetap pada tempat yang diinginkan. Karena beban lingkungan pada *semisubmersible* relatif tidak terpengaruh terhadap arah datangnya beban lingkungan, *spread mooring* dapat dirancang untuk menahan kapal di lokasi tanpa memperhatikan arah lingkungan. Namun, sistem ini juga bisa diterapkan pada kapal, yang lebih sensitif terhadap arah lingkungan. *Mooring lines* bisa berupa *chain*, *wire rope*, atau kombinasi ketiganya. baik *drag anchor* konvensional atau *anchor piles* dapat digunakan untuk menahan gerakan *mooring* dari dasar laut [8].

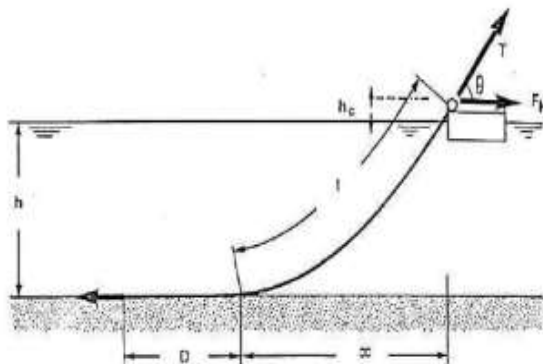
2.9 *Mooring Lines*

Tali tambat (*mooring lines*) terbagi menjadi dua komponen yaitu [8]:

- *Wire rope* adalah sistem kabel lebih ringan dibandingkan dengan sistem rantai oleh karena itu pada umumnya tali tambat terdapat gaya pengembali (*restoring force*) yang lebih baik pada laut dalam dibandingkan rantai dan membutuhkan tegangan awal yang kecil.
- *Chain* (rantai) adalah sistem rantai telah terbukti untuk daya tahan pada operasi di lepas pantai. Rantai lebih baik untuk pencegahan akan abrasi pada dasar laut dan memberikan kontribusi yang signifikan pada daya cengkraman jangkar.

2.10 *Penentuan Mooring Lines*

Fungsi utama tali pada sistem tambat adalah agar bangunan apung dapat berada pada posisi sesuai tujuan penambatannya dan memiliki ukuran panjang serta pretension yang sesuai [9].



Gambar 2.12 Parameter *mooring line*

Berikut adalah penentuan panjang minimum dari *mooring line* (*basic equation*):

$$\frac{l}{h} = \sqrt{\frac{2F_H}{w \cdot h}} + 1 \quad (2.13.1)$$

$$\frac{l}{h} = \sqrt{\frac{2T}{w \cdot h}} - 1 \quad (2.13.2)$$

Keterangan,

- I : panjang minimum tali tambat (*chain line*)
- h : jarak vertikal dari *fairlead* ke *seabed* = $h_m + h_c$
- h_m : kedalaman air
- h_c : tinggi *fairlead* di atas permukaan air
- w : berat tali tambat di dalam air persatuan panjang
- F_H : gaya horizontal *pre-tension* atau tali tambat pada *fairlead* 10% MBL
- T : tension maksimum dari tali tambat (*pre-tension*) pada *fairlead*
- D : *length resting on the seabed* (panjang tali tambat yang menempel pada *seabed*)

Jarak minimum mooring line diperhitungkan agar rantai jangkar beratnya tidak terlalu mengalami tegangan yang besar sehingga tegangan yang dihasilkan masih aman dalam beroperasi. Perhitungan jarak minimum *mooring line* dapat dicari dengan persamaan [10]:

$$x = 1 - h \left(1 + 2 \frac{a}{h} \right)^{0.5} + a \cos h^{-1} \left(1 + \frac{h}{a} \right) \quad (2.14)$$

Keterangan,

- x : jarak minimum *mooring line* (m)
- l : panjang keseluruhan *mooring line* (m)
- h : jarak titik tumpu ke *seabed*
- a : T_H/w

2.11 Gaya Tarik pada *Mooring Line*

Gerakan pada bangunan apung atau kapal yang disebabkan beban lingkungan akan menyebabkan tali tambat mendapatkan tarikan atau tegangan. Tegangan akibat tarikan pada *mooring line* dapat dibedakan menjadi dua, yaitu [8]:

- *Mean Tension*
Tension pada *mooring line* berkaitan dengan *mean offset* pada kapal.
- *Maximum Tension*

Mean tension yang mendapat pengaruh dari kombinasi frekuensi gelombang dan *low-frequency tension*.

Berdasarkan aturan standar dari API RP 2SK edisi ketiga, tegangan maksimum dapat ditentukan dengan prosedur sebagai berikut:

- Jika $T_{ifmax} > T_{wfmax}$, maka :

$$T_{max} = T_{mean} + T_{ifmax} + T_{wfsig} \quad (2.15.1)$$

- Jika $T_{wfmax} > T_{ifmax}$, maka :

$$T_{max} = T_{mean} + T_{wfmax} + T_{ifsig} \quad (2.15.2)$$

Keterangan,

T_{ifmax} : *maximum low-frequency tension*

T_{wfmax} : *maximum wave frequency tension*

T_{max} : *maximum tension*

T_{mean} : *mean tension*

T_{ifsig} : *significant low-frequency tension*

T_{wfsig} : *significant wave-frequency tension*

Sebagai catatan penting bahwa batasan atau limit besaran tegangan pada tali tambat dan faktor keamanan yang direkomendasikan untuk kondisi *operation* adalah 1.67 sedangkan untuk kondisi *storm* adalah 1.25. Dengan persamaan *safety factornya* sebagai berikut:

$$Safety\ Factor = \frac{Min.Breaking\ Load\ (MBL)}{Max.Tension} \quad (2.16)$$

2.12 Persamaan *Tension Orcaflex* dengan *Standard Theoretical*

Sejumlah hasil teori dari berbagai literatur yang dapat dimodelkan di OrcaFlex. Berdasarkan teori kasus ini dapat dipecahkan secara teoritis, dengan cukup sederhana. Mereka melakukannya, dengan sebuah cek yang sangat berguna untuk model matematis dasar yang digunakan oleh OrcaFlex. Persamaan catenary adalah sebagai berikut [11]:

$$x = \frac{Th_a}{w} \left[\sinh^{-1} \left(\frac{Tv_a + ws}{Th_a} \right) - \sinh^{-1} \left(\frac{Tv_a}{Th_a} \right) \right] \quad (2.17)$$

$$z = \frac{Th_a}{w} \left[1 + \sqrt{\left(\frac{Tv_a + ws}{Th_a} \right)^2} - \sqrt{1 + \left(\frac{Tv_a}{Th_a} \right)^2} \right] \quad (2.18)$$

Dimana s adalah panjang gelombang yang diukur dari End A, w adalah berat persatuan panjang dan Th_a dan Tv_a adalah komponen horizontal dan vertikal dari tegangan pada End A. Persamaan ini mengasumsikan bahwa garis tersebut *inelastic* dan tidak membentang secara aksial. Namun, itu sangat mudah untuk memodifikasi persamaan ini. Jika menunjukkan dengan K kekakuan aksial dari garis, maka persamaan *catenary* yang dimodifikasi adalah:

$$x = \frac{Th_a}{w} \left[\sinh^{-1} \left(\frac{Tv_a + ws}{Th_a} \right) - \sinh^{-1} \left(\frac{Tv_a}{Th_a} \right) \right] + \frac{Th_a s}{K} \quad (2.19)$$

$$z = \frac{Th_a}{w} \left[1 + \sqrt{\left(\frac{Tv_a + ws}{Th_a} \right)^2} - \sqrt{1 + \left(\frac{Tv_a}{Th_a} \right)^2} \right] + \frac{Tv_a s}{K} + \frac{ws^2}{2K} \quad (2.20)$$

2.13 Dasar Analisa Dinamis

Analisa dinamis memperhitungkan respon dinamis dari tali tambat. Dampak variasi waktu yang disebabkan massa tali tambat, redaman, dan percepatan relatif fluida disertakan. Melalui cara pendekatan dengan gerakan *fairlead* yang berdasarkan variasi waktu dari mode gerakan 6 derajat kebebasan. Metode analisa simulasi doamin pada bangunan apung terbagi menjadi dua, yaitu [12]:

- ***Frequency Domain Analysis***

Frequency domain analysis adalah simulasi kejadian pada rentang frekuensi yang telah ditentukan. Metode ini juga dapat untuk memprediksi respon gelombang acak termasuk gerakan bangunan apung itu sendiri, percepatan, gaya, dan sudut. Kelebihan dari metode ini adalah dapat lebih menghemat waktu perhitungan dan juga proses *input* dan *output*, sedangkan kelemahannya adalah persamaan non linier diasumsikan menjadi persamaan linier dengan kata lain keakuratan hasil perhitungan menjadi berkurang dibandingkan dengan penggunaan persamaan non linier. Umumnya metode ini digunakan untuk mencari respon struktur.

- ***Time Domain Analysis***

Time domain analysis adalah penuntasan gerakan dinamis yang disebabkan beban lingkungan yang *cyclic* berdasarkan fungsi rentang waktu yang telah ditentukan sebelumnya. Pendekatan ini dengan cara memakai prosedur integrasi waktu dan menghasilkan respon dengan riwayat waktunya berdasarkan fungsi waktu $[x(t)]$. *Time domain* menjadi metode untuk analisa dinamis dalam menentukan nilai *tension*, sedangkan *frequency domain* menjadi metode untuk mengetahui respon struktur. Metode ini juga umumnya dilakukan pada saat kondisi ekstrem atau badai, tetapi metode ini tidak tepat jika dilakukan analisa

kelelahan (*fatigue*). Jika dibandingkan metode *frequency domain*, maka keuntungannya adalah semua tipe model non-linier (matriks sistem dan beban-beban eksternal) dapat dimodelkan dengan lebih tepat. Sedangkan kelemahannya adalah membutuhkan waktu perhitungan yang lebih. Berdasarkan aturan standar DNV OS E301 sendiri bahwa minimal simulasi *time domain* adalah selama 3 jam (10800 s). Umumnya metode ini dijadikan acuan untuk analisa dinamis dalam mencari gaya tarik atau tegangan.

2.14 *Finite Element Analysis*

Finite Element Analysis, yang biasa disebut FEA, adalah metode analisis numerik. FEA digunakan untuk memecahkan masalah dalam banyak persoalan teknik seperti desain mesin, akustik, elektromagnetisme, mekanika tanah, dinamika fluida, dan banyak lainnya. Dalam istilah matematika, FEA adalah sebuah teknik numerik yang digunakan untuk memecahkan masalah lapangan yang digambarkan oleh serangkaian persamaan diferensial parsial.[2]

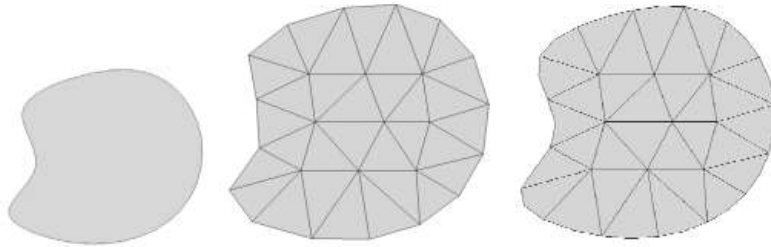
FEA merupakan alat analisis teknik yang ampuh yang berguna dalam memecahkan banyak masalah mulai dari yang sangat sederhana sampai yang sangat kompleks. Insinyur desain menggunakan FEA selama proses pengembangan produk untuk menganalisa disain-dalam-progres. Kendala waktu dan ketersediaan data produk yang terbatas memerlukan banyak penyederhanaan model komputer. *Finite Element Method* mengatasi kerugian metode tradisional dengan menyediakan prosedur sistematis untuk menurunkan fungsi aproksimasi pada subregional domain.

Finite Element Method memiliki 3 fitur dasar:

1. Domain kompleks geometrik dari masalah tersebut merupakan kumpulan subdomain sederhana geometrik.
2. Setiap *Finite Element* diturunkan menggunakan gagasan dasar yang dapat diwakili oleh kombinasi linear polinomial aljabar.
3. Hubungan aljabra antara koefisien yang belum ditentukan.

Ketika FEM diterapkan pada bidang analisis tertentu (seperti analisis stres, analisis termal, atau analisi getaran) sering disebut sebagai finite element analysis (FEA). FEA adalah alat yang paling umum untuk tegangan dan analisis struktural. Berbagai bidang studi seringkali saling terkait. Misalnya, distribusinya suhu tidak seragam menyebabkan kondisi pemuatan yang tidak jelas pada struktur padat. Dengan demikian, untuk melakukan FEA termal

mendapatkan hasil suhu yang kemudian menjadi data masukan untuk tegangan FEA. FEA juga bisa menerima input data dari alat lain seperti motion (kinetika) sistem analisis dan perhitungan sistem dinamika fluida .



Gambar 2.13 *Finite Element Concept*

Sumber : *Finite Element Analysis Concepts via SolidWorks*

Konsep dasar FEM adalah mengganti bentuk kompleks dengan penyatuan (atau penjumlahan) dari jumlah besar yang bentuknya sangat sederhana (seperti segitiga) yang dikombinasikan dengan model asli atau area yang secara kasar disambung dengan segitiga linier dan kuadrat. Gambar 2.14 menunjukkan konsep elemen hingga dari area kompleks daripada dibagi menjadi kumpulan segitiga tertutup yang akan mengintegrasikan dan menjumlahkan area dari sub-domain kecil tunggal menjadi domain kompleks.

2.15 Tegangan (*Stress*)

Tegangan adalah besaran yang menyatakan perbandingan antara suatu besaran gaya terhadap luas penampang yang tegak lurus terhadap gaya tersebut. Semua bahan berubah bentuk karena pengaruh gaya. Ada yang kembali ke bentuk aslinya bila gaya dihilangkan, ada pula yang tetap berubah bentuk sedikit atau banyak.

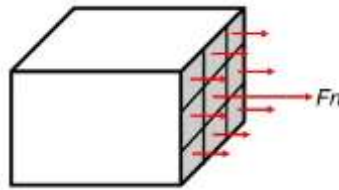
2.15.1 Tegangan Normal

Tegangan normal adalah intensitas gaya yang bekerja dalam arah tegak lurus terhadap bagian yang tertekan, dan dilambangkan dengan σ (sigma). Bila gaya eksternal yang bekerja pada blok sejajar dengan sumbu utama dan bagian penampang blok adalah konstan, maka tegangan internal yang dihasilkan dan sejajar dengan sumbu disebut gaya aksial [13].

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.21)$$

Dimana ; σ = Tegangan (N/m²)

$F = \text{Gaya (N)}, A = \text{Luas permukaan (m}^2\text{)}$



Gambar 2.14 Menunjukkan pola tegangan ideal sederhana

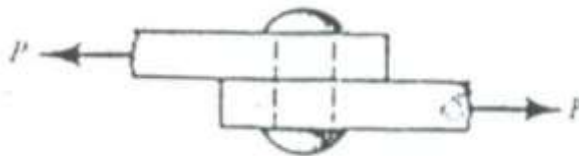
2.15.2 Tegangan Geser

Tegangan geser terjadi ketika sebuah benda bekerja dengan dua gaya berlawanan arah, tegak lurus terhadap sumbu blok, gaya tidak berada dalam satu garis tetapi tidak ada momen pada area bagiannya [13].

$$\tau = \frac{F}{A} \quad (2.22)$$

Dimana ; $\tau = \text{Tegangan (N/m}^2\text{)}$

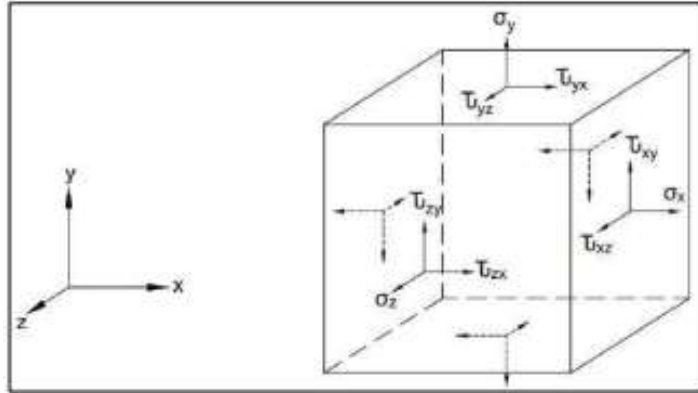
$F = \text{Gaya (N)}, A = \text{Luas permukaan (m}^2\text{)}$



Gambar 2.15 Tegangan geser pada blok

2.15.3 Tegangan Von Misses

Metode elemen hingga adalah salah satu metode untuk mendapatkan tegangan-tegangan yang terjadi pada setiap sisi untuk suatu elemen tiga dimensi. Cara untuk mengetahui acuan nilai tegangan maksimum yang terjadi pada node tertentu terhadap tegangan izin (*allowable stress*) atau tegangan lelehnya (*yield stress*) untuk menyelesaikan metode elemen hingga dalam menghitung seluruh komponen tegangan yang terjadi adalah menggunakan prinsip tegangan *Von Misses*. Tegangan *Von Misses* atau tegangan uniaksial (*uniaxial stress*) adalah tegangan yang mengombinasikan tegangan-tegangan utama (normal dan geser) pada suatu elemen dan tidak memiliki arah [9].



Gambar 2.16 Komponen Tegangan dalam geometri

Tegangan *Von Mises* adalah pengembangan dari teori energi distorsi di mana energi distorsi merupakan energi yang dibutuhkan oleh suatu material untuk mengalami deformasi bentuk. Jika suatu material terjadi distorsi akibat beban luar maka bentuk materialnya akan berubah tanpa mengubah volumenya. Tegangan *Von Mises* mengalkulasikan energi distorsi per satuan volume yang diperlukan kemudian digunakan hasilnya untuk mengalkulasikan tegangan ekuivalen yang mengakibatkan deformasi bentuk yang terjadi. Jika suatu struktur memiliki tegangan atau energi distorsi *Von Mises* lebih besar dari tegangan atau energi distorsi yang diizinkan atau dibutuhkan untuk mencapai kondisi leleh (*yield point*) maka struktur tersebut mengalami kegagalan. Tegangan *Von Mises* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini dengan hasil satuannya berupa Pa atau N/m².

$$\sigma_{eq} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)} \quad (2.23)$$

Keterangan,

σ_{eq} : tegangan ekuivalen *Von Mises* (Pa)

σ_x : tegangan normal sumbu x (Pa)

σ_y : tegangan normal sumbu y (Pa)

σ_z : tegangan normal sumbu z (Pa)

τ_{xy} : tegangan geser bidang xy (Pa)

τ_{xz} : tegangan geser bidang xz (Pa)

τ_{yz} : tegangan geser bidang yz (Pa)

2.16 Regangan (*Strain*)

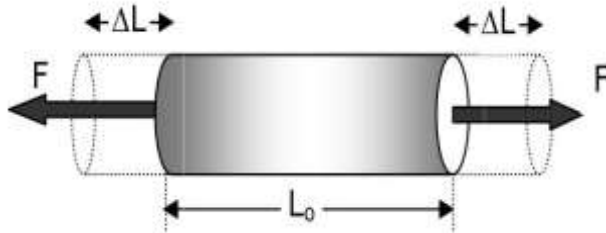
Regangan adalah perubahan bentuk dan ukuran benda bergantung pada arah dan letak gaya luar yang diberikan. Regangan juga bisa menggambarkan sebagai tingkat deformasi. Tingkat deformasi bisa memanjang, memendek, membesar, menyusut, dan lain-lainya [13].

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (2.24)$$

Dimana ; ε = Regangan,

ΔL = Pertambahan panjang (m),

L = Panjang mula (m)



Gambar 2.17 Regangan pada silinder

Sumber: <https://sepenggal.files.wordpress.com/2010/11/regangan.jpg>

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB 3

METODELOGI PENELITIAN

3.1 Identifikasi Masalah

Tahap awal dalam penyusunan skripsi adalah mengidentifikasi masalah yang relevan dengan penulisan skripsi. Pada proses ini dilakukan identifikasi dan perumusan masalah tentang seberapa kuat sambungan *mooring* saat terkena pengaruh beban lingkungan. Setelah itu dirumuskan permasalahan yang perlu diselesaikan terkait dengan penulisan tugas akhir ini.

3.2 Studi Literatur

Pada tahap selanjutnya adalah studi literatur. Pada tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan rangkuman dari dasar-dasar teori yang telah ada, acuan serta berbagai informasi yang dapat menjadi pendukung pada pengerjaan tugas akhir ini. Bahasan yang akan dibahas pada studi literatur ini meliputi pembahasan tentang :

1. Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut
2. Gelombang
3. Olah Gerakan Bangunan Apung
4. *Mooring*
5. *Tension*
6. *Safety Factor*

Pembahasan tersebut guna untuk menunjang landasan dasar dari skripsi. Dimulai dari pembahasan umum sampai dengan pembahasan secara khusus sesuai dengan tema yang diangkat, yaitu tentang kekuatan sambungan *mooring*.

3.3 Data Penelitian

Struktur lambung patamaran ditahan oleh 4 *mooring* untuk mereduksi gerakan yang diakibatkan oleh gelombang laut.

Tabel 3.1. Data Struktur Bouy

No	Ukuran utama	Bouy
1	Diamter	3 m
2	Tinggi	2.1 m
3	Volume	59.38 m ³

Tabel 3.2. Data Struktur Lambung Katamaran

No	Ukuran utama	Main Hull	Stager
1	Lpp	20 m	8 m
2	Lebar	1.25 m	0.85 m
3	Tinggi	1.75 m	1 m
4	Sarat	1.25 m	0.53 m
5	Koefisien block	0.125	0.051
6	Vol. Displacement	20.435 m ³	1.604 m ³

Data Lingkungan

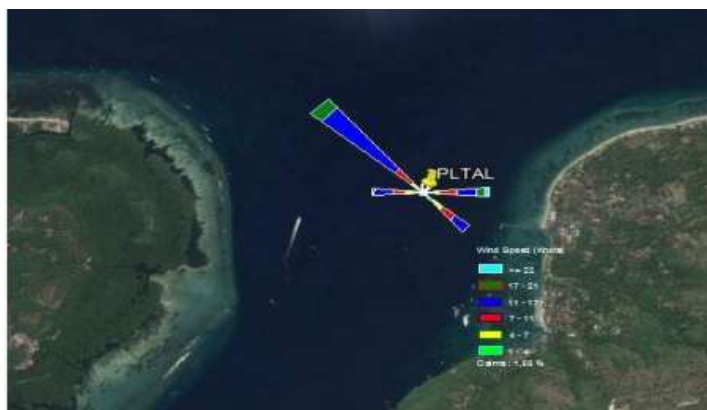
Kondisi lingkungan tempat beroperasi *platform* sangat mempengaruhi kinerja struktur, maka data lingkungan mempunyai peranan yang sangat penting. Data lingkungan di Selat Toyopakeh Nusa Penida Bali tempat beroperasinya.

Tabel 3.3 Tinggi gelombang signifikan tiap arah mata angin

Tahun	Hs
10	0.74
25	0.97
50	1.14
100	1.32

Tabel 3.4 Data lingkungan saat kondisi maksimum

Sig Wave Height	Wind Speed	Current	Water Depth
1.32 m	22 knot	2.4 m/s	250 m

Gambar 3.1 Wind rose di lokasi *platform* PLTAL



Gambar 3.2 *Current rose* di lokasi platform PLTAL

Tabel 3.5 Kordinat platform dan mooring system PLTA di lokasi

LOCATION	SOUTH	EAST
Platform PLTAL	8°40'25.99"S	115°29'1.06"E



Gambar 3.3 Lokasi pembangunan platform dan *mooring system*

Tabel 3.6 Load scenario kondisi collinier

Beban Lingkungan	Arah Heading				
	0°	45°	90°	135°	180°
Wave	0°	45°	90°	135°	180°
Wind	0°	45°	90°	135°	180°
Current	0°	45°	90°	135°	180°

Tabel 3.7 Load scenario kondisi non-collinier

Beban Lingkungan	Arah Heading					
	Wave	180°	180°	180°	180°	180°
Wind	45°	90°	135°	180°	180°	180°
Current	180°	180°	180°	45°	90°	135°

3.4 Desain Geometri

Pada tahap ini penggambaran model geometri dilakukan dengan menggunakan pemodelan SolidWork. Dimensi sambungan mooring adalah berdasarkan perhitungan *mooring line* dan spesifikasi yang ditentukan.

3.5 Running Simulation

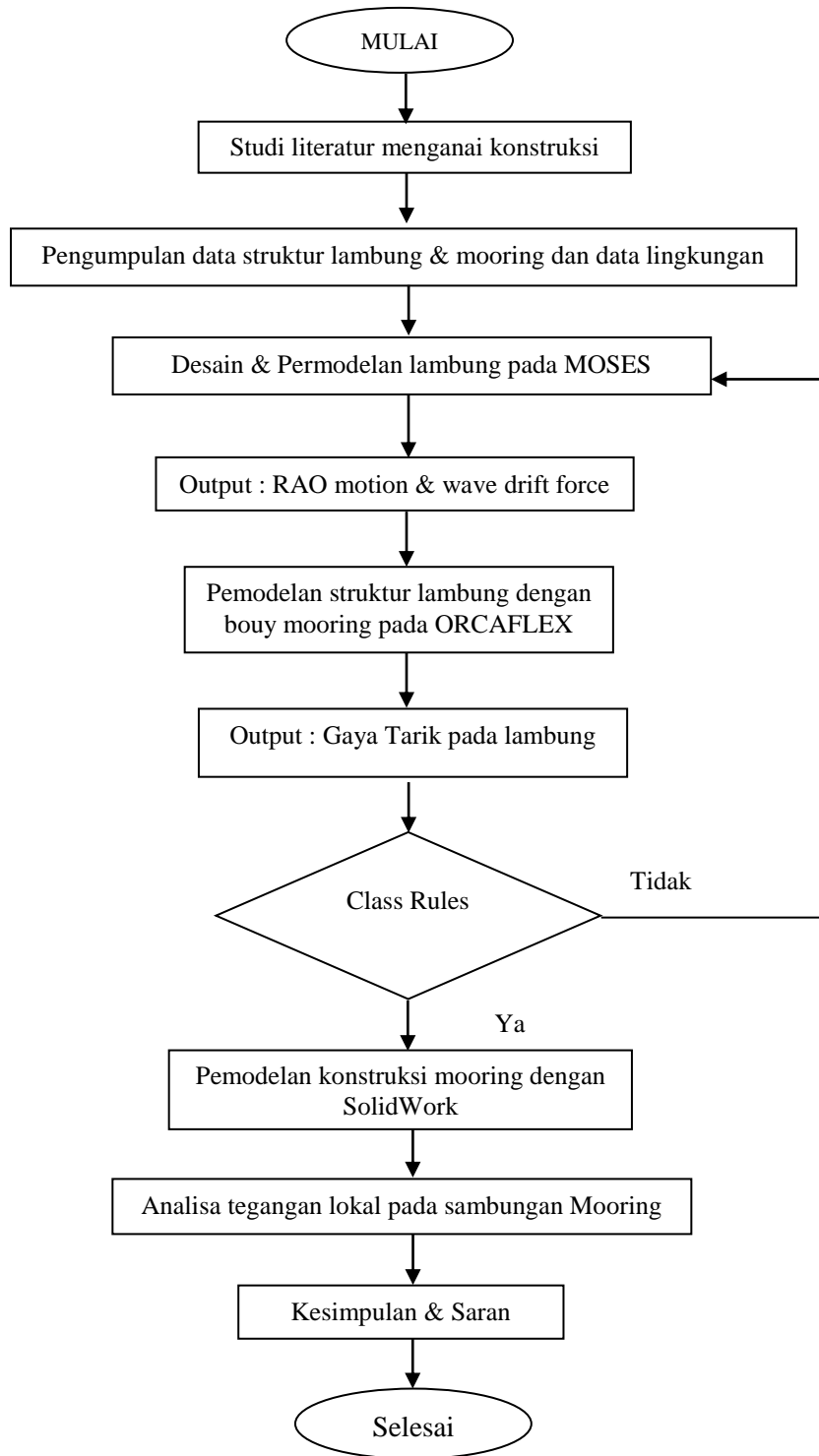
Simulasi berjalan akan dilakukan dengan memberikan beban beton sinker serta variasi beban lingkungan laut terhadap sambungan mooring. Kemudian memasukkan data material dan sifat untuk melakukan meshing lalu menganalisa tegangan, regangan pada sambungan mooring. Tugas akhir ini akan melakukan simulasi dengan menggunakan *Finite Element Analysis Methods*.

3.6 Data Analisa

Data dari tinjauan pustaka dan simulasi berjalan seperti tegangan, regangan, *safety factor*, dan deformasi akan dianalisis untuk mengetahui analisis kekuatan sambungan *mooring* dengan menggunakan FEAM yang diimplementasikan di SolidWork Simulation.

3.7 Kesimpulan

Merupakan tahap akhir dimana dilakukan penarikan kesimpulan mengenai permasalahan yang diambil dan tujuan yang telah ditetapkan, serta memberikan saran-saran atau rekomendasi yang dapat menunjang untuk dilakukan penelitian di waktu yang akan datang. Untuk mencapai tujuan penulis, maka penulis menggunakan berbagai macam cara untuk mengumpulkan informasi. Desain eksperimen dapat dilihat dalam *flow chart* dibawah ini.

Gambar 3.4. *Flow chart*

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB 4

ANALISA DATA

4.1 Pemodelan Struktur *Platform*

Struktur *platform* Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut yang telah dimodelkan sesuai dengan struktur aslinya dengan menggunakan *software Maxsurf*. Komponen struktur seperti main hull dimodelkan secara detail di *Maxsurf*. Dari *Maxsurf* ini dapat kita hasilkan *hydrostatic properties* dari struktur dan dilakukan validasi dengan hasil analisa numerik apakah sesuai atau tidak. Jika validasi memenuhi maka model dapat digunakan untuk analisa gerakan struktur dengan metode panel.



Gambar 4.1. Pemodelan struktur PLTAL dengan *Maxsurf* tampak isometri

4.2 Validasi Model

Setelah selesai melakukan pemodelan dengan *software Maxsurf*, langkah selanjutnya adalah melakukan validasi terhadap parameter-parameter dari model yang telah dibuat. Validasi model dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kelayakan suatu model tersebut ketika dilakukan simulasi. Cara untuk melakukan validasi model adalah dengan membandingkan hasil perhitungan hidrostatis yang dihasilkan oleh *software Maxsurf* terhadap *software Moses*. Dari pemodelan ini didapatkan hasil seperti yang tersaji dalam tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1. Validasi model berdasarkan ABS *rules*.

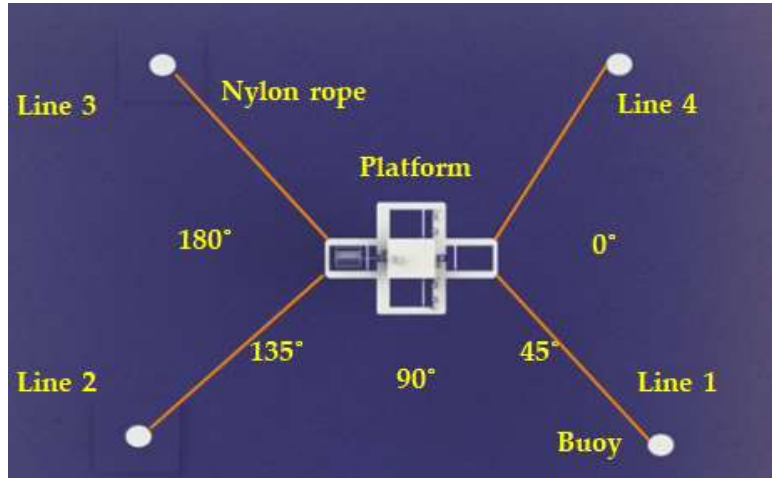
Tabel Validasi						
Item	Unit	Maxsurf	Moses	Selisih	Prosentase	Toleransi
Displacement	Ton	44.93	37.20	7.76	1.20%	< 2%
Draft	m	1.25	1.25	0	0.00%	< 1%

Sumber : ABS MODU 2016 Part 3, Chapter 1, Section 2

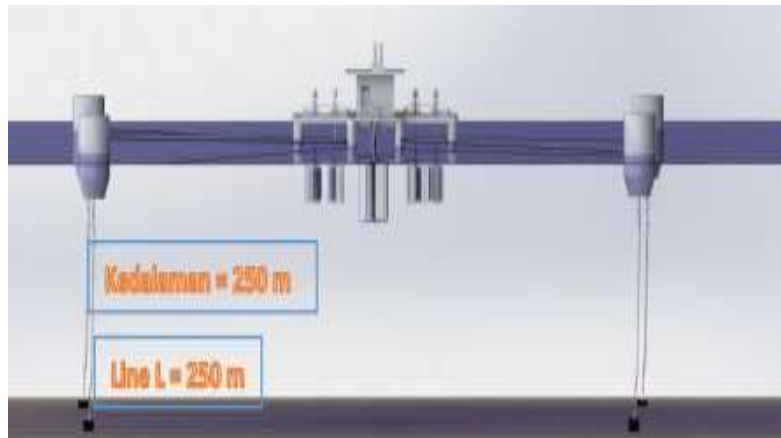
4.3 Perencanaan *Moring Lines*

Pada *platform* PLTAL Selat Toyapakeh ditentukan tipe *mooring* yang digunakan adalah *multi buoy mooring system* dengan menggunakan empat buah *buoy* dengan diameter 3 m dan tinggi 2.1 m. *Platform* dihubungkan dengan *synthetic rope* tipe nylon ke masing-masing *buoy* dengan konfigurasi dari *buoy* berada pada 2 garis tambat di haluan bangunan dan 2 garis tambat di buritan bangunan. Sudut sebar dari *buoy* di desain sebesar 45° terhadap *platform*. Tiap *buoy* terdiri dari satu *set mooring chain* dan *sinker*. Berikut merupakan dimensi-dimensi yang digunakan dari konfigurasi *mooring* :

- Panjang nylon dari kapal sampai *buoy* = 30 m
- Diameter *Buoy* = 3 m
- Tinggi *Buoy* = 2.1 m
- Panjang *chain Buoy* 1,2,3, dan 4 = 250 m
- Tipe *chain* yang digunakan = *Studless chain*
- Tipe *Anchor* = *Sinker*



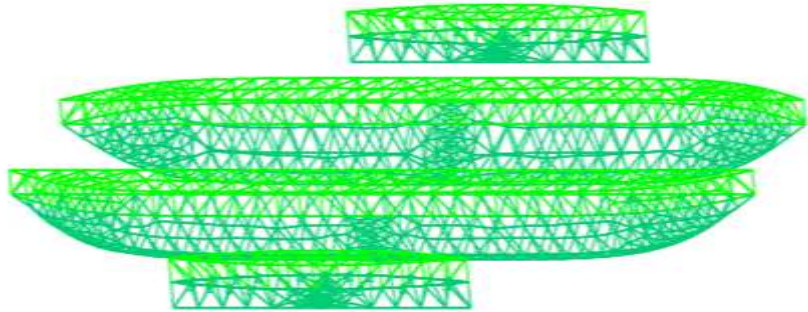
Gambar 4.2. *Mooring lines top view*



Gambar 4.3. *Mooring lines side view*

4.4 Analisa Olah Gerakan Struktur Platform

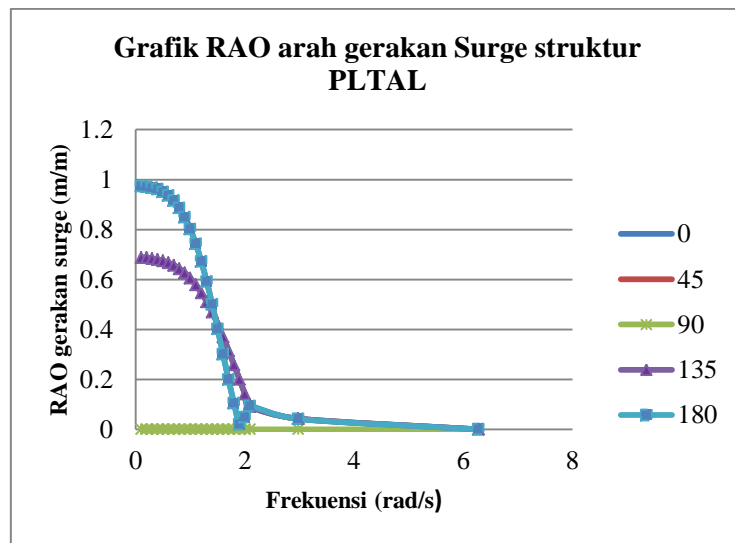
Kemudian, dari *Maxsurf* dapat diambil marker-marker yang terdapat pada model di *Maxsurf* untuk dimodelkan kembali di *Moses* untuk analisa gerak struktur atau Response Amplitude Operator. Marker-marker ini digunakan untuk memodelkan struktur pada *software Moses* yang dapat menggunakan metode meshing (model digambarkan dengan finite element sehingga model dapat digambarkan secara lebih detail namun perlu ketelitian yang tinggi) atau dengan metode strip (model digambarkan dengan tiap-tiap section/bagian). Model diambil markernya dengan menggunakan metode meshing untuk hasil yang lebih detail dimana yang dimodelkan disini lambung dari struktur.



Gambar 4.4. Hasil permodelan pada *software Moses* tampak isometri

Setelah itu dapat dilakukan analisa gerak struktur dalam keadaan *free floating* dari model yang dibuat dari *Moses* ini sehingga didapatkan perilaku olah gerak dari struktur terhadap 6 derajat kebebasan gerak bangunan apung tanpa adanya sistem *mooring* adalah sebagai berikut :

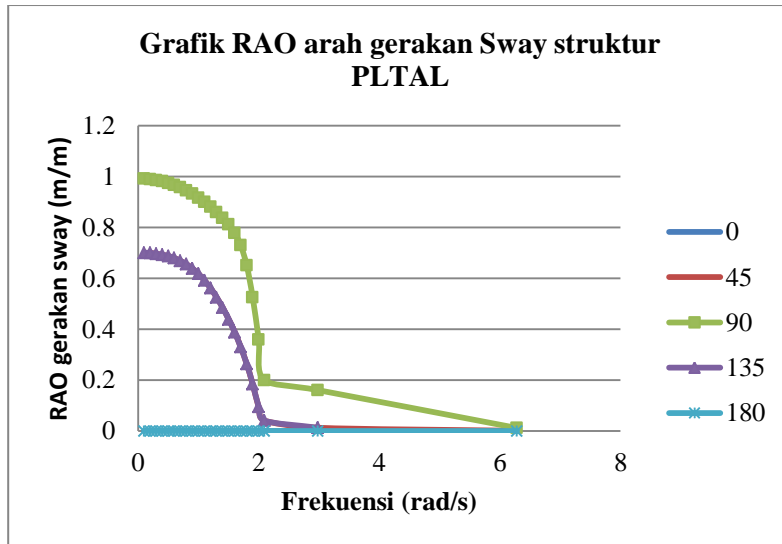
4.4.1 RAO Gerakan Translasiional



Gambar 4.5. RAO gerakan *surge* dengan *heading* bervariasi

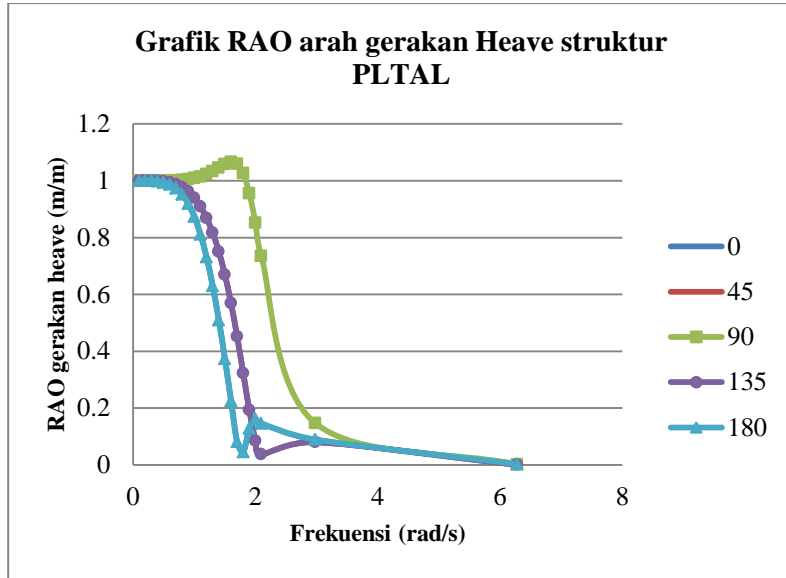
Gerakan surge merupakan gerakan translasiional sebuah bangunan apung yang mana gerakannya sejajar dengan sumbu x. Pada struktur *platform* ini karakteristik gerakan dapat dilihat pada gambar 4.5. Pada grafik tersebut terlihat bahwa nilai RAO yang terbesar terjadi pada *heading* 180° dan 135°.

Pada *heading* 180° RAO terbesar terjadi pada frekuensi rendah yaitu sebesar 0.973 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s. Sedangkan pada *heading* 135° RAO terbesar terjadi pada frekuensi rendah yaitu sebesar 0.688 m/m pada frekuensi 0.1 rad/s. Namun nilai RAO tersebut berangsur-angsur turun pada frekuensi yang lebih besar. Efek paling kecil terjadi pada frekuensi 2.9778 rad/s yaitu sebesar 0.042 m/m.



Gambar 4.6 RAO gerakan *sway* dengan *heading* bervariasi

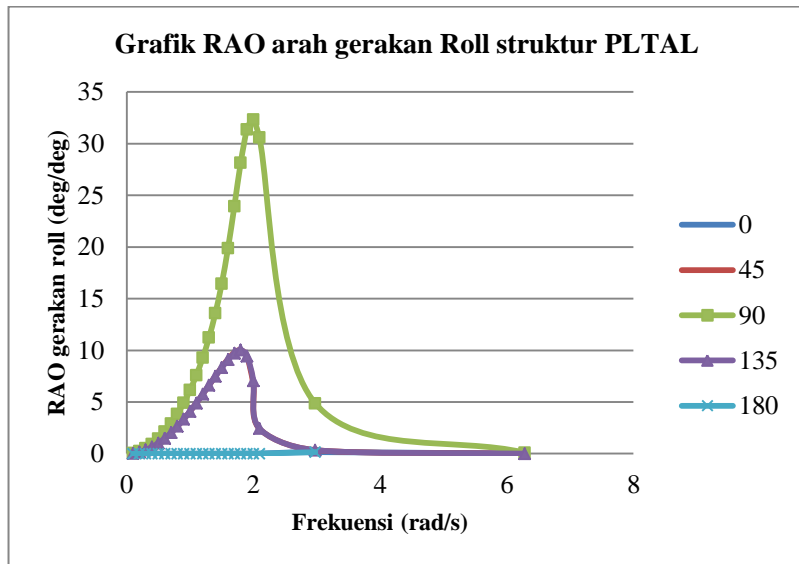
Gerakan *sway* memiliki karakteristik yang hampir sama dengan gerakan surge yang mana nilai terbesar dari RAO berada pada frekuensi rendah. Pada gambar 4.6 dapat dilihat bahwa pada *heading* 90° frekuensi 0.1 rad/s nilai tertinggi dari RAO sebesar 0.992 m/m. Sedangkan *heading* 135° pada frekuensi 0.1 rad/s nilai tertinggi dari RAO sebesar 0.701 m/m. Kemudian grafik tersebut berangsur-angsur turun pada frekuensi lebih tinggi dengan nilai RAO *sway* rendah yaitu pada *heading* 90° frekuensi 6.2832 rad/s dengan nilai RAO 0.012 m/m, sedangkan *heading* 135° frekuensi 6.2832 rad/s dengan nilai RAO 0.001 m/m.



Gambar 4.7. RAO gerakan *heave* dengan *heading* bervariasi

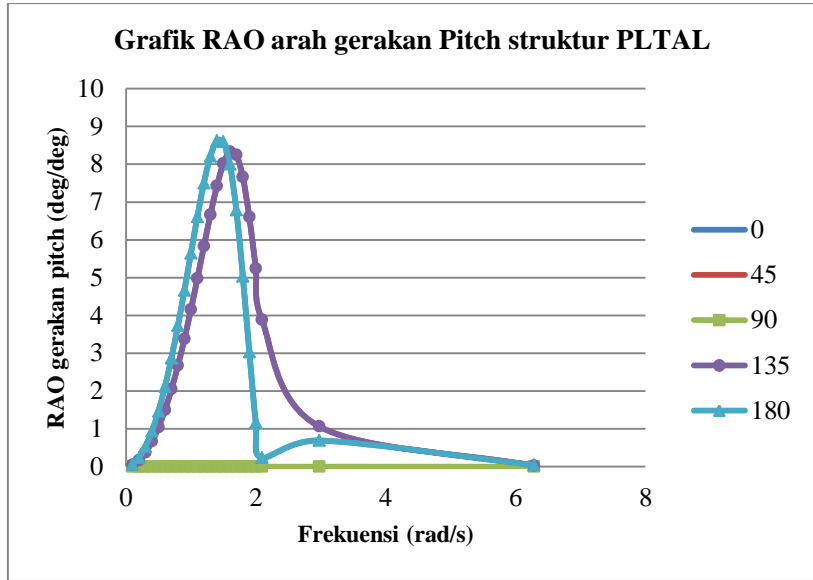
Gerakan *heave* merupakan sebuah pola gerakan vertikal pada sebuah bangunan apung yang mempunyai karakteristik yaitu pada frekuensi rendah dengan nilai RAO yang cenderung mendekati angka satu (1) yang berarti bahwa perilaku struktur akibat adanya gelombang dengan frekuensi tersebut hampir tidak ada. Kemudian grafik akan secara bertahap naik hingga mencapai nilai puncak dimana pada titik tersebut terjadi resonansi yang diakibatkan karena adanya frekuensi natural struktur *platform* yang mendekati atau sama dengan frekuensi gelombang. Pada grafik menunjukkan bahwa pada *heading* 90° terjadi puncak resonansi pada frekuensi 1.7 rad/s dengan nilai RAO *heave* 1.059 m/m. Sedangkan *heading* 135° dan 180° karakteristik grafiknya hampir serupa dengan gerakan *surge* dan *sway*, dimana grafik tersebut berangsur-angsur menurun pada frekuensi lebih tinggi.

4.4.2 RAO Gerakan Rotasional



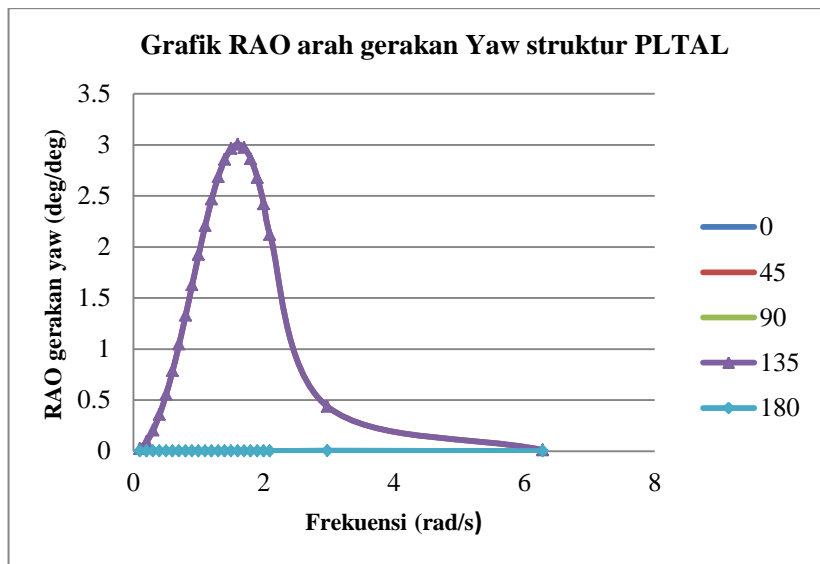
Gambar 4.8 RAO gerakan *roll* dengan *heading* bervariasi

Pada gambar 4.8 dapat dilihat bahwa pada daerah frekuensi rendah, perilaku gerakan *roll* dari *platform* menunjukkan nilai RAO yang rendah, tetapi grafik tersebut berangsur-angsur meningkat dimana terjadinya resonansi pada *heading* 90° yang terjadi pada frekuensi 2 rad/s dengan nilai RAO 32.324 deg/deg. Sedangkan *heading* 135° terjadi resonansi pada frekuensi 1.8 rad/s dengan nilai RAO 10.029 deg/deg. Kemudian kedua *heading* mengalami penurunan nilai RAO yang terjadi pada frekuensi tinggi.



Gambar 4.9 RAO gerakan *pitch* dengan *heading* bervariasi

Pada gambar 4.9 dapat dilihat bahwa pada daerah frekuensi rendah, perilaku gerakan *pitch* dari *platform* menunjukkan nilai RAO yang rendah, tetapi grafik tersebut berangsur-angsur meningkat dimana terjadinya resonansi pada *heading* 135° yang terjadi pada frekuensi 1.6 rad/s dengan nilai RAO 8.334 deg/deg. Sedangkan *heading* 180° terjadi resonansi pada frekuensi 1.4 rad/s dengan nilai RAO 8.621 deg/deg. Kemudian kedua *heading* mengalami penurunan nilai RAO yang terjadi pada frekuensi tinggi.



Gambar 4.10 RAO gerakan *yaw* dengan *heading* bervariasi

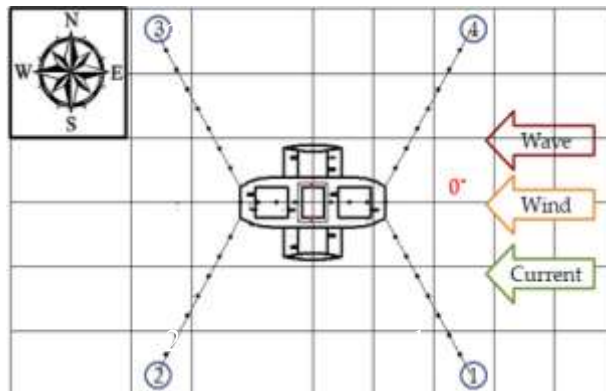
Pada gambar 4.10 dapat dilihat bahwa pada daerah frekuensi rendah, perilaku gerakan *pitch* dari *platform* menunjukkan nilai RAO yang rendah, tetapi grafik tersebut berangsur-angsur meningkat dimana terjadinya resonansi pada *heading* 135° yang terjadi pada frekuensi 1.6 rad/s dengan nilai RAO 3.004 deg/deg, lalu mengalami penurunan nilai RAO yang terjadi pada frekuensi tinggi.

Tabel 4.2. Ringkasan nilai RAO tertinggi.

Arah Heading	Jenis Gerakan	Besaran	Satuan
180°	Surge	0.973	m/m
90°	Sway	0.992	m/m
90°	Heave	1.066	m/m
90°	Roll	32.324	deg/deg
180°	Pitch	8.621	deg/deg
135°	Yaw	3.004	deg/deg

4.5 Analisa Tension Tali Tambat Untuk *Spread Mooring* pada Kondisi Collinier

Tujuan dari analisa tegangan pada *mooring lines* yang tertambat pada *platform* adalah untuk mengetahui besaran tegangan maksimum (*maximum tension*) dari salah satu mooring lines dan memastikan telah atau belum memenuhi kriteria secara desain berdasarkan API RP 2SK 2nd edition dan ABS rules. Dimana kondisi yang digunakan yaitu kondisi collinier dimana seluruh beban lingkungan gerakanya liner pada satu arah heading .

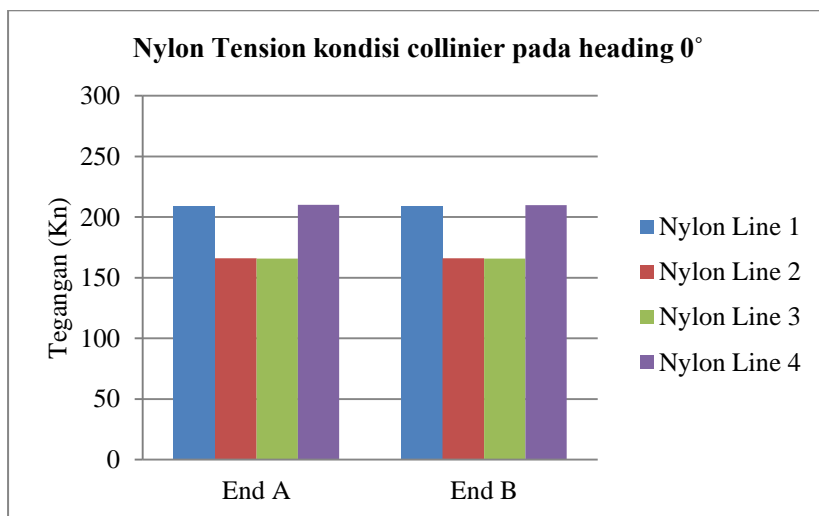


Gambar 4.11 Beban lingkungan arah *heading* 0° kondisi *collinier*

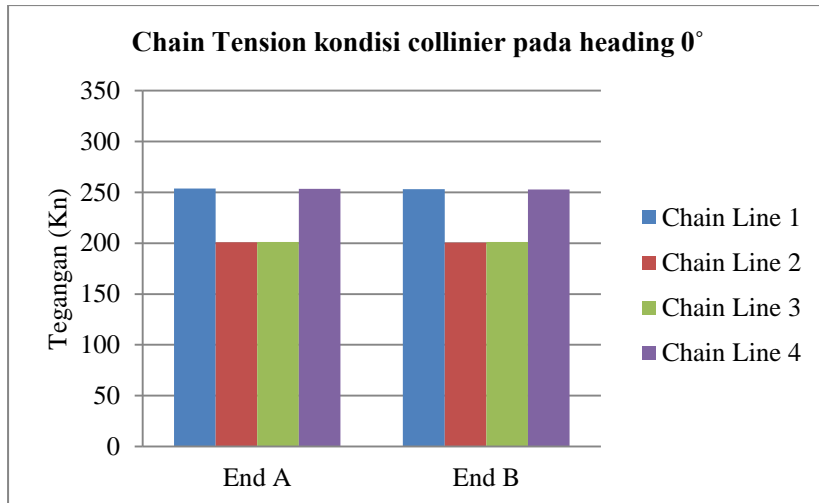
Pada gambar 4.11 menunjukkan beban lingkungan diterima oleh *platform* pada arah *heading* 0°, dimana beban lingkungan tersebut meliputi beban angin, beban gelombang, dan beban arus laut.

Tabel 4.3 Nilai *tension* tali tambat untuk kondisi Collinier pada *heading* 0°

Condition		Lines	Tension	Times	MBL	Safety	S.F	Status	
			kN	s	kN	Factor	ABS		
Heading 0°	Collinier	NL 1	End A	209.09	8593.9	549	2.63	1.67	accepted
			End B	208.93	8593.9	549	2.63	1.67	accepted
		NL 2	End A	165.96	257.4	549	3.31	1.67	accepted
			End B	166.06	257.4	549	3.31	1.67	accepted
		NL 3	End A	165.67	257.4	549	3.31	1.67	accepted
			End B	165.77	257.4	549	3.31	1.67	accepted
		NL 4	End A	209.97	8593.9	549	2.61	1.67	accepted
			End B	209.8	8593.9	410	1.95	1.67	accepted
		CL 1	End A	253.84	8592.8	853	3.36	1.67	accepted
			End B	253.23	8592.8	853	3.37	1.67	accepted
		CL 2	End A	200.73	8594.5	853	4.25	1.67	accepted
			End B	200.58	8594.5	853	4.25	1.67	accepted
		CL 3	End A	201.2	8594.5	853	4.24	1.67	accepted
			End B	201.07	8594.5	853	4.24	1.67	accepted
		CL 4	End A	253.33	8592.8	853	3.37	1.67	accepted
			End B	252.72	8592.8	853	3.38	1.67	accepted

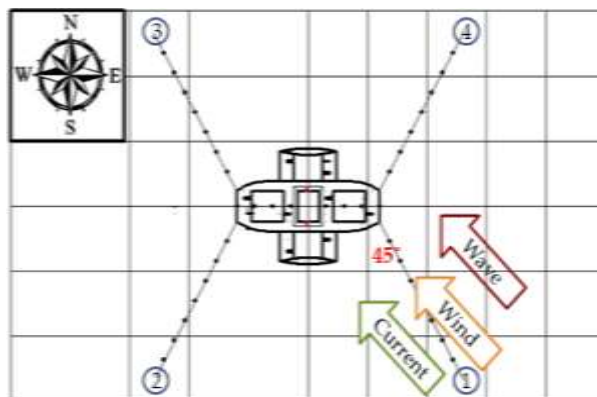


Gambar 4.12 Grafik *tension* di *nylon line* pada *heading* 0°



Gambar 4.13 Grafik *tension* di *chain line* pada *heading* 0°

Pada tabel 4.3 dapat dilihat pada arah *heading* 0° kondisi collinier maksimum *tension* pada nylon terjadi pada *line* 1 dan 4. Pada nylon *line* 1 terjadi maksimum *tension* sebesar 209.09 kN, dimana *tension* terbesar terjadi di End A yaitu pada titik *platform*. Sedangkan pada nylon *line* 4 terjadi maksimum *tension* sebesar 209.97 kN, dimana *tension* terbesar terjadi di End A yaitu pada titik *platform*. Untuk *chain* terjadi maksimum *tension* di *line* 1 dan 4. Pada *chain line* 1 sebesar 253.84 kN di titik End A pada *platform*, sedangkan *chain line* 4 sebesar 253.33 KN di titik End A pada *platform*. Dengan MBL sebesar 549 kN untuk nylon dan 853 kN untuk *chain*, maka *safety factor* yang terjadi diterima karena >1.67 sesuai dengan standar ABS.

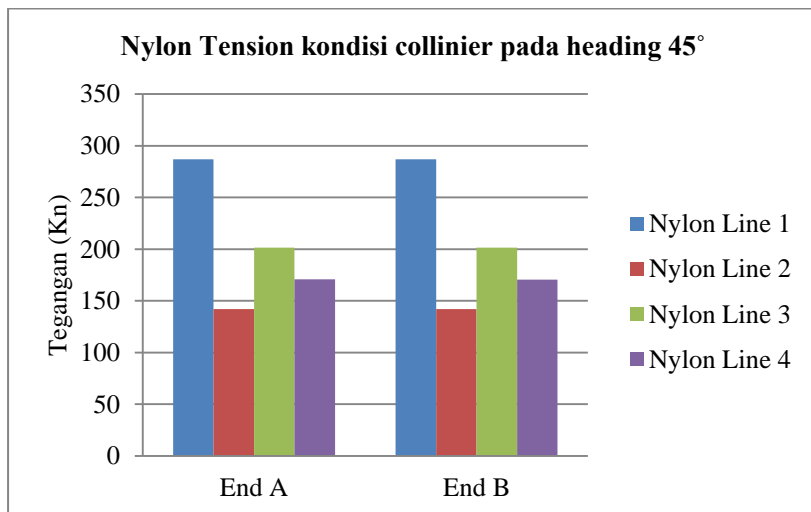


Gambar 4.14 Beban lingkungan arah *heading* 45° kondisi collinier

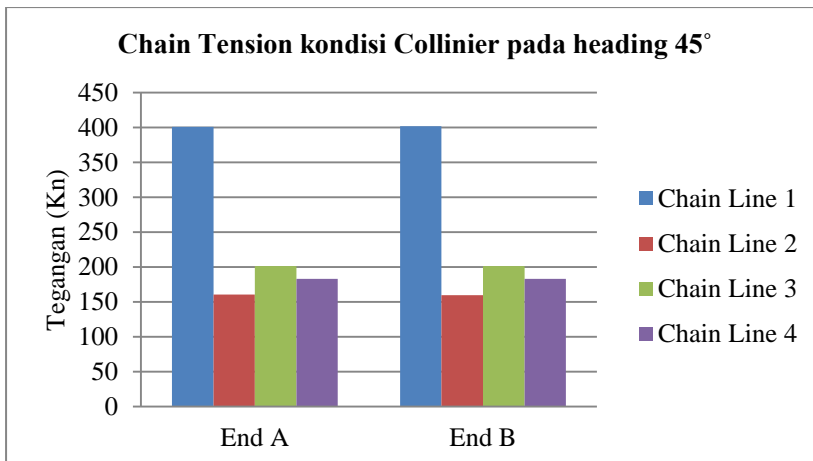
Pada gambar 4.14 menunjukkan beban lingkungan diterima oleh *platform* pada arah *heading* 45°, dimana beban lingkungan tersebut meliputi beban angin, beban gelombang, dan beban arus laut.

Tabel 4.4 Nilai *tension* tali tambat untuk kondisi Collinier pada *heading* 45°

Condition	Lines		Tension	Times	MBL	Safety Factor	S.F	Status	
			kN	s	kN		ABS		
Heading 45°	Collinier	NL 1	End A	286.82	4469.6	549	1.91	1.67	accepted
			End B	286.89	4469.6	549	1.91	1.67	accepted
		NL 2	End A	142.16	257.1	549	3.86	1.67	accepted
			End B	142.14	257.1	549	3.86	1.67	accepted
		NL 3	End A	201.42	3594.2	549	2.73	1.67	accepted
			End B	201.37	3594.2	549	2.73	1.67	accepted
		NL 4	End A	170.81	1392	549	3.21	1.67	accepted
			End B	170.67	1392	549	3.22	1.67	accepted
		CL 1	End A	400.79	1395.7	853	2.13	1.67	accepted
			End B	401.73	1395.7	853	2.12	1.67	accepted
		CL 2	End A	160.38	2007.4	853	5.32	1.67	accepted
			End B	159.51	2007.4	853	5.35	1.67	accepted
		CL 3	End A	201.42	3594.2	853	4.23	1.67	accepted
			End B	201.37	3594.2	853	4.24	1.67	accepted
		CL 4	End A	183.24	3598.9	853	4.66	1.67	accepted
			End B	182.99	3598.9	853	4.66	1.67	accepted

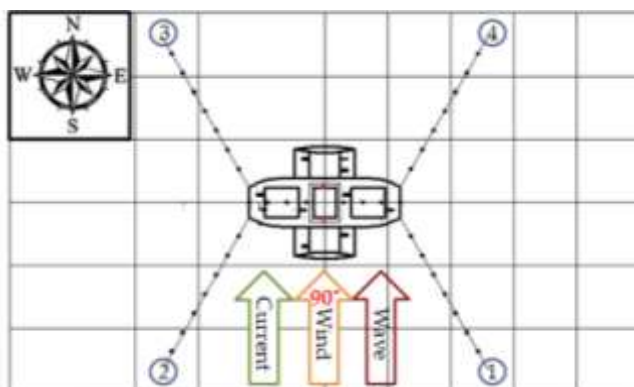


Gambar 4.15 Grafik *tension* di *nylon line* pada *heading* 45°



Gambar 4.16 Grafik *tension* di *chain line* pada heading 45°

Pada tabel 4.4 dapat dilihat pada arah heading 45° kondisi collinier maksimum *tension* pada nylon terjadi pada line 1 dan 3. Pada nylon line 1 terjadi maksimum *tension* sebesar 286.89 kN, dimana *tension* terbesar terjadi di End B yaitu pada titik *buoy*. Sedangkan pada nylon line 3 terjadi maksimum *tension* sebesar 201.42 kN, dimana *tension* terbesar terjadi di End A yaitu pada titik *platform*. Untuk *chain* terjadi maksimum *tension* di line 1 dan 3. Pada *chain line* 1 sebesar 401.73 kN di titik End B pada *bouy*, sedangkan *chain line* 3 sebesar 201.42 kN di titik End A pada *platform*. Dengan MBL sebesar 549 kN untuk nylon dan 853 kN untuk *chain*, maka *safety factor* yang terjadi diterima karena >1.67 sesuai dengan standar ABS.

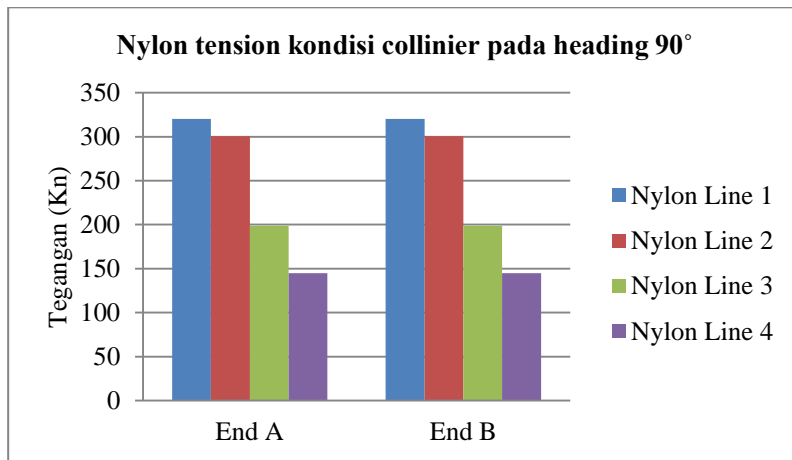


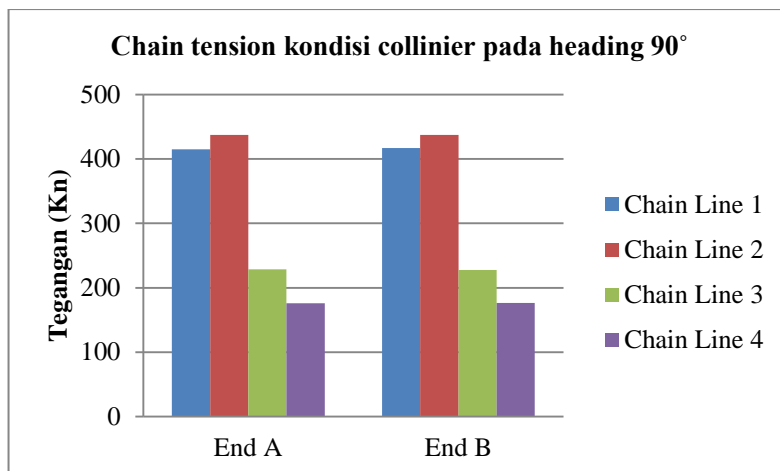
Gambar 4.17 Beban lingkungan arah heading 90° kondisi collinier

Pada gambar 4.17 menunjukkan beban lingkungan diterima oleh *platform* pada arah heading 90°, dimana beban lingkungan tersebut meliputi beban angin, beban gelombang, dan beban arus laut.

Tabel 4.5 Nilai *tension* tali tambat untuk kondisi Collinier pada *heading* 90°

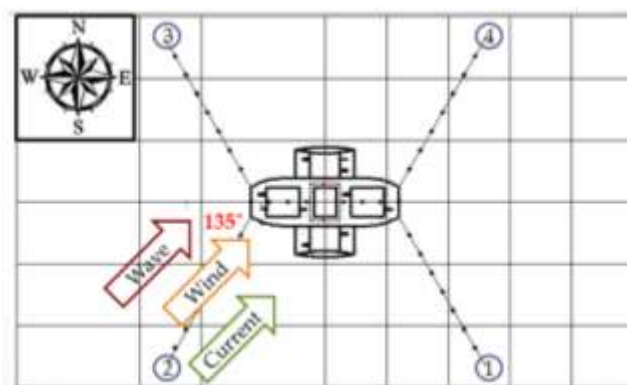
Condition		Lines		Tension	Times	MBL	Safety Factor	S.F	Status
				kN	s	kN		ABS	
Heading 90°	Collinier	NL 1	End A	320.25	8592.4	549	1.71	1.67	accepted
			End B	320.28	8592.4	549	1.71	1.67	accepted
		NL 2	End A	300.72	3803.1	549	1.83	1.67	accepted
			End B	300.74	3803.1	549	1.83	1.67	accepted
		NL 3	End A	198.83	935.9	549	2.76	1.67	accepted
			End B	198.67	935.9	549	2.76	1.67	accepted
		NL 4	End A	144.98	8592.6	549	3.79	1.67	accepted
			End B	144.88	8592.6	549	3.79	1.67	accepted
		CL 1	End A	415.12	8593.1	853	2.05	1.67	accepted
			End B	417.13	8593.1	853	2.04	1.67	accepted
		CL 2	End A	437.61	8595	853	1.95	1.67	accepted
			End B	437.62	8595	853	1.95	1.67	accepted
		CL 3	End A	228.4	936.5	853	3.73	1.67	accepted
			End B	227.87	936.5	853	3.74	1.67	accepted
		CL 4	End A	176.08	8593.3	853	4.84	1.67	accepted
			End B	176.49	8593.3	853	4.83	1.67	accepted

Gambar 4.18 Grafik *tension* di *nylon line* pada *heading* 90°



Gambar 4.19 Grafik *tension* di *chain line* pada *heading* 90°

Pada tabel 4.5 dapat dilihat pada arah *heading* 90° kondisi collinier maksimum *tension* pada nylon terjadi pada *line* 1 dan 2. Pada nylon *line* 1 terjadi maksimum *tension* sebesar 320.28 kN, dimana *tension* terbesar terjadi di End B yaitu pada titik *buoy*. Sedangkan pada nylon *line* 2 terjadi maksimum *tension* sebesar 300.74 kN, dimana *tension* terbesar terjadi di End B yaitu pada titik *buoy*. Untuk *chain* terjadi maksimum *tension* di *line* 1 dan 2. Pada *chain line* 1 sebesar 417.13 kN di titik End B pada *buoy*, sedangkan *chain line* 2 sebesar 437.62 kN di titik End B pada *buoy*. Dengan MBL sebesar 549 kN untuk nylon dan 853 kN untuk *chain*, maka *safety factor* yang terjadi diterima karena >1.67 sesuai dengan standar ABS.

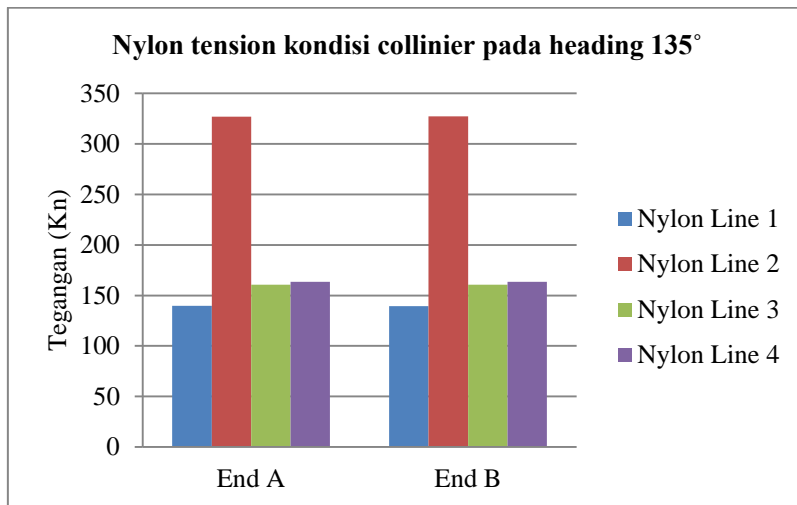


Gambar 4.20 Beban lingkungan arah *heading* 135° kondisi collinier

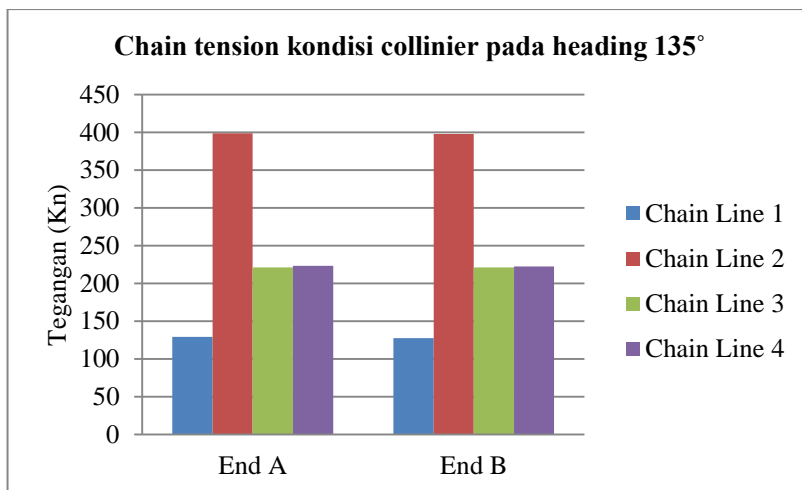
Pada gambar 4.14 menunjukkan beban lingkungan diterima oleh *platform* pada arah *heading* 135°, dimana beban lingkungan tersebut meliputi beban angin, beban gelombang, dan beban arus laut.

Tabel 4.6 Nilai *tension* tali tambat untuk kondisi Collinier pada *heading* 135°

Condition		Lines		Tension	Times	MBL	Safety	S.F	Status
				kN	s	kN	Factor	ABS	
Heading 135°	Collinier	NL 1	End A	139.6	8591.5	549	3.93	1.67	accepted
			End B	139.48	8591.5	549	3.94	1.67	accepted
		NL 2	End A	327.04	8589.4	549	1.68	1.67	accepted
			End B	327.23	8589.4	549	1.68	1.67	accepted
		NL 3	End A	160.67	8591.4	549	3.42	1.67	accepted
			End B	160.66	8591.4	549	3.42	1.67	accepted
		NL 4	End A	163.41	8593.5	549	3.36	1.67	accepted
			End B	163.34	8593.5	549	3.36	1.67	accepted
		CL 1	End A	129.43	8592	853	6.59	1.67	accepted
			End B	127.46	8592	853	6.69	1.67	accepted
		CL 2	End A	398.62	8588.9	853	2.14	1.67	accepted
			End B	398.03	8588.9	853	2.14	1.67	accepted
		CL 3	End A	221.44	8594	853	3.85	1.67	accepted
			End B	221.38	8594	853	3.85	1.67	accepted
		CL 4	End A	223.19	8592	853	3.82	1.67	accepted
			End B	222.44	8592	853	3.83	1.67	accepted

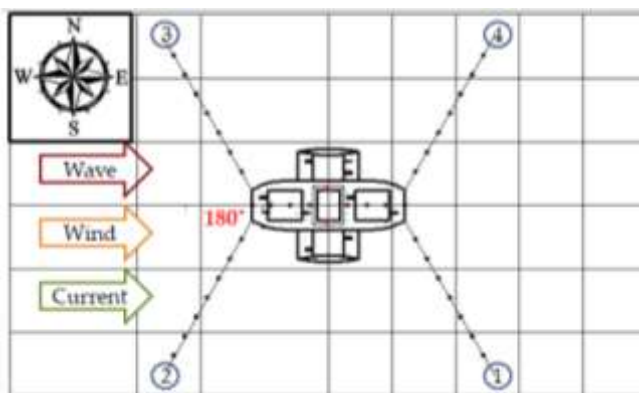


Gambar 4.21 Grafik *tension* di *nylon line* pada *heading* 135°



Gambar 4.22 Grafik *tension* di *chain line* pada *heading* 135°

Pada tabel 4.6 dapat dilihat pada arah *heading* 135° kondisi collinier maksimum *tension* pada nylon terjadi pada *line* 2 dan 4. Pada nylon *line* 2 terjadi maksimum *tension* sebesar 327.23 kN, dimana *tension* terbesar terjadi di titik End B yaitu pada titik *buoy*. Sedangkan pada nylon *line* 4 terjadi maksimum *tension* sebesar 163.41 kN, dimana *tension* terbesar terjadi di End A yaitu pada titik *platform*. Untuk *chain* terjadi maksimum *tension* di *line* 2 dan 4. Pada *chain line* 2 sebesar 398.62 kN di titik End A pada *platform*, sedangkan *chain line* 4 sebesar 223.19 kN di titik End A pada *platform*. Dengan MBL sebesar 549 kN untuk nylon dan 853 kN untuk *chain*, maka *safety factor* yang terjadi diterima karena >1.67 sesuai dengan standar ABS.

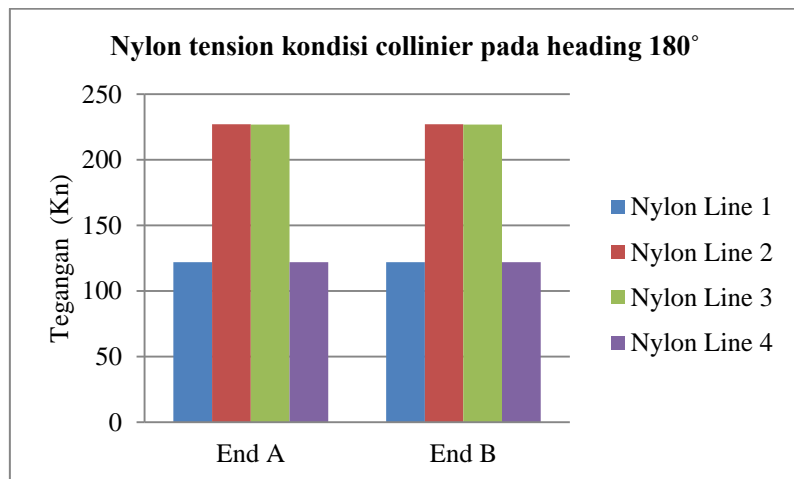


Gambar 4.23 Beban lingkungan arah *heading* 180° kondisi collinier

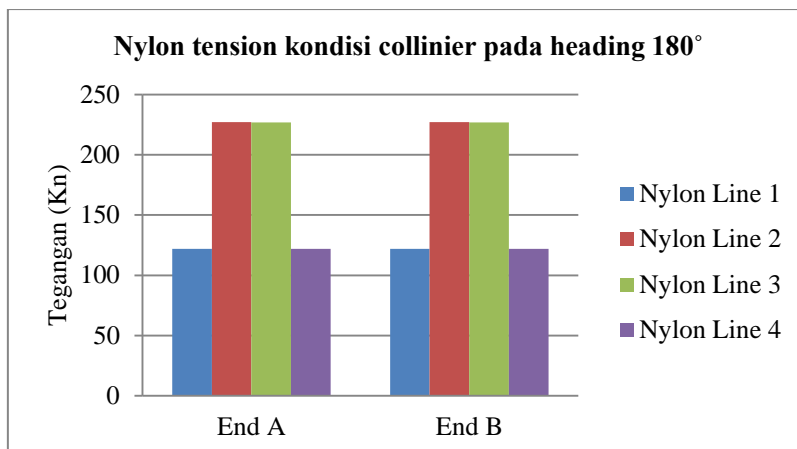
Pada gambar 4.23 menunjukkan beban lingkungan diterima oleh *platform* pada arah *heading* 180°, dimana beban lingkungan tersebut meliputi beban angin, beban gelombang, dan beban arus laut.

Tabel 4.7 Nilai *tension* tali tambat untuk kondisi Collinier pada *heading* 180°

Condition		Lines		Tension	Times	MBL	Safety	S.F	Status
				kN	s	kN	Factor	ABS	
Heading 180°	Collinier	NL 1	End A	121.85	8590.9	549	4.51	1.67	accepted
			End B	122.02	8590.9	549	4.50	1.67	accepted
		NL 2	End A	227.14	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
			End B	227.23	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
		NL 3	End A	226.88	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
			End B	226.97	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
		NL 4	End A	121.96	8590.9	549	4.50	1.67	accepted
			End B	121.85	8590.9	549	4.51	1.67	accepted
		CL 1	End A	153.97	8591.2	853	5.54	1.67	accepted
			End B	152.79	8591.2	853	5.58	1.67	accepted
		CL 2	End A	291.14	8589.1	853	2.93	1.67	accepted
			End B	289.83	8589.1	853	2.94	1.67	accepted
		CL 3	End A	291	8589.1	853	2.93	1.67	accepted
			End B	289.69	8589.1	853	2.94	1.67	accepted
		CL 4	End A	153.97	8591.2	853	5.54	1.67	accepted
			End B	152.8	8591.2	853	5.58	1.67	accepted



Gambar 4.24 Grafik *tension* di nylon line pada *heading* 180°



Gambar 4.25 Grafik *tension* di *chain line* pada *heading* 180°

Pada tabel 4.7 dapat dilihat pada arah *heading* 180° kondisi collinier maksimum *tension* pada nylon terjadi pada *line* 2 dan 3. Pada nylon *line* 2 terjadi maksimum *tension* sebesar 227.23 kN, dimana *tension* terbesar terjadi di End B yaitu pada titik *buoy*. Sedangkan pada nylon *line* 3 terjadi maksimum *tension* sebesar 226.97 kN, dimana *tension* terbesar terjadi di End B yaitu pada titik *buoy*. Untuk *chain* terjadi maksimum *tension* di *line* 2 dan 3. Pada *chain line* 2 sebesar 291.14 kN di titik End A pada *platform*, sedangkan *chain line* 3 sebesar 291 kN di titik End A pada *platform*. Dengan MBL sebesar 549 kN untuk nylon dan 853 kN untuk *chain*, maka *safety factor* yang terjadi diterima karena >1.67 sesuai dengan standar ABS.

4.6 Analisa *Tension Tali Tambat Untuk Spread Mooring* pada Kondisi Non-Collinier

Tujuan dari analisa tegangan pada *mooring lines* yang tertambat pada *platform* saat kondisi *non-collinier* adalah untuk mengetahui apakah *mooring lines* akan mengalami *clashing* atau tali tambat satu dengan yang lain saling berikatan. Sehingga analisa ini untuk memastikan bahwa desain *mooring lines* tidak terjadi *clashing*, yang dimana beban lingkungan arah *headingnya* bervariasi.

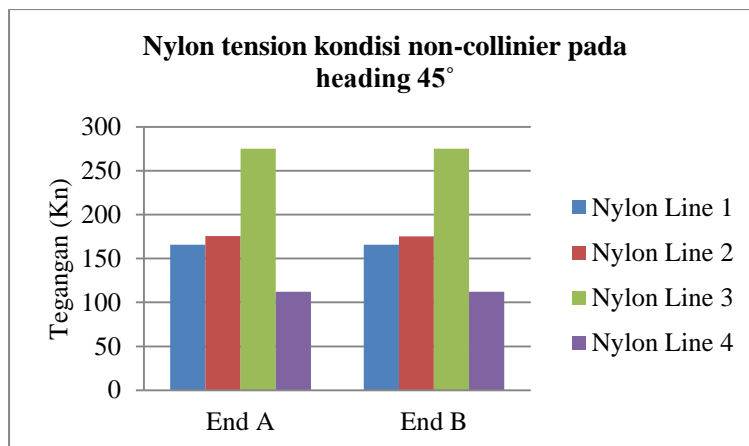


Gambar 4.26 Beban lingkungan arah *heading* 180° dan 45° kondisi *non-collinier*

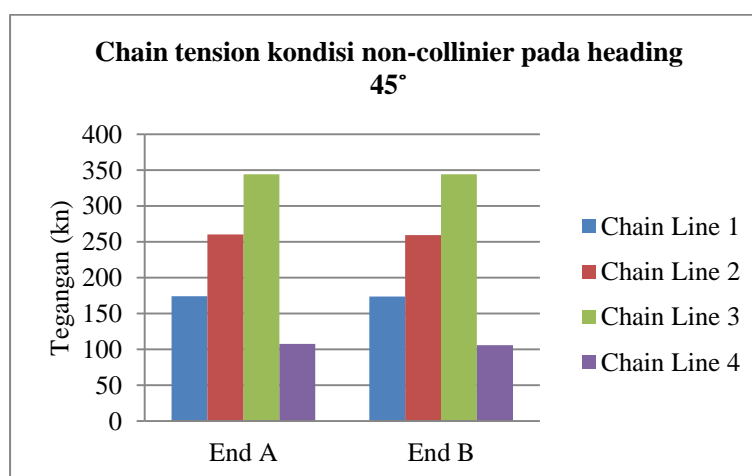
Pada gambar 4.26 menunjukkan beban lingkungan diterima oleh *platform* pada arah *heading* 180° yaitu beban gelombang dan beban angin, sedangkan arah *heading* 45° yaitu beban arus laut.

Tabel 4.8 Nilai *tension* tali tambat untuk kondisi Non-Collinier pada *heading* 45°

Condition	Lines		Tension	Times	MBL	Safety Factor	S.F	Status	
			kN	s	kN		ABS		
Heading 45°	Non Collinier Arus Laut	NL 1	End A	165.75	7294.7	549	3.31	1.67	accepted
			End B	165.64	7294.7	549	3.31	1.67	accepted
		NL 2	End A	175.44	1344.1	549	3.13	1.67	accepted
			End B	175.41	1344.1	549	3.13	1.67	accepted
		NL 3	End A	275.03	1344.1	549	2.00	1.67	accepted
			End B	275.04	1344.1	549	2.00	1.67	accepted
		NL 4	End A	112.11	1959.9	549	4.90	1.67	accepted
			End B	112.18	1959.9	549	4.89	1.67	accepted
		CL 1	End A	174.12	7295.3	853	4.90	1.67	accepted
			End B	173.54	7295.3	853	4.92	1.67	accepted
		CL 2	End A	260.19	1962.4	853	3.28	1.67	accepted
			End B	259.33	1962.4	853	3.29	1.67	accepted
		CL 3	End A	344.4	1960.2	853	2.47	1.67	accepted
			End B	344.4	1960.2	853	2.47	1.67	accepted
		CL 4	End A	107.58	1958.9	853	7.93	1.67	accepted
			End B	105.97	1958.9	853	8.05	1.67	accepted



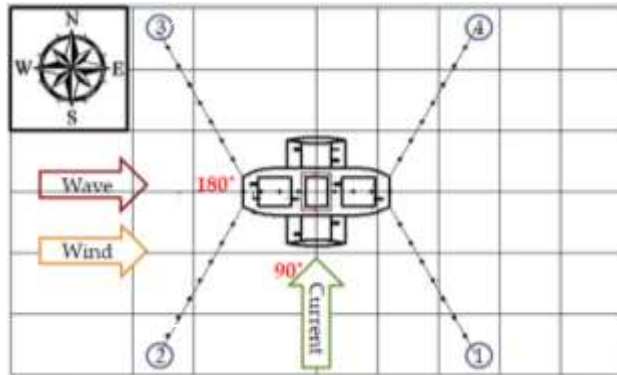
Gambar 4.27 Grafik *tension* di *nylon line* pada *heading* 45°



Gambar 4.28 Grafik *tension* di *chain line* pada *heading* 45°

Pada tabel 4.8 merupakan hasil maksimum *tension* pada saat kondisi *non-collinier* yang dimana variasi beban lingkungan dari berbagai arah *heading*. Dapat dilihat pada tabel 4.8 nilai *tension* pada *mooring line* 1 lebih besar dari pada nilai *tension* dari *mooring line* 4, yaitu sebesar 165.75 kN di titik End A dan 165.64 kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 174.12 kN di titik End A dan 173.54 kN di titik End B. Hal tersebut terjadi karena pengaruh dari beban arus laut yang masuk dari arah *heading* 45°. Dapat dilihat pada gambar 4.26 untuk beban gelombang dan beban angin masuk dari arah *heading* 180° sehingga beban tersebut mempengaruhi *mooring line* 2 dan 3. Untuk *mooring line* 2 menghasilkan maksimum *tension* sebesar 174.44 kN di titik End A dan 175.41 kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 260.19 di titik End A dan 259.33 di

titik End B. Untuk mooring line 3 menghasilkan maksimum *tension* sebesar 275.03 kN di titik End A dan 275.04 kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 344.4 kN di titik End A dan 344.4 kN di titik End B.



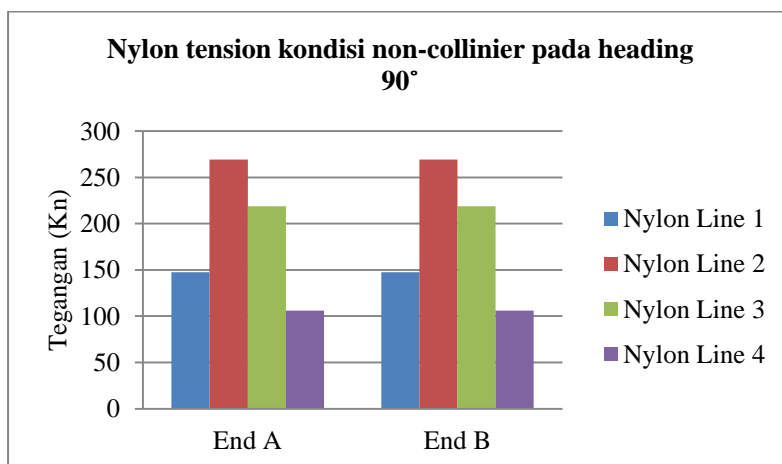
Gambar 4.29 Beban lingkungan arah heading 180° dan 90° kondisi *non-collinier*

Pada gambar 4.29 menunjukkan beban lingkungan diterima oleh *platform* pada arah heading 180° yaitu beban gelombang dan beban angin, sedangkan arah heading 90° yaitu beban arus laut.

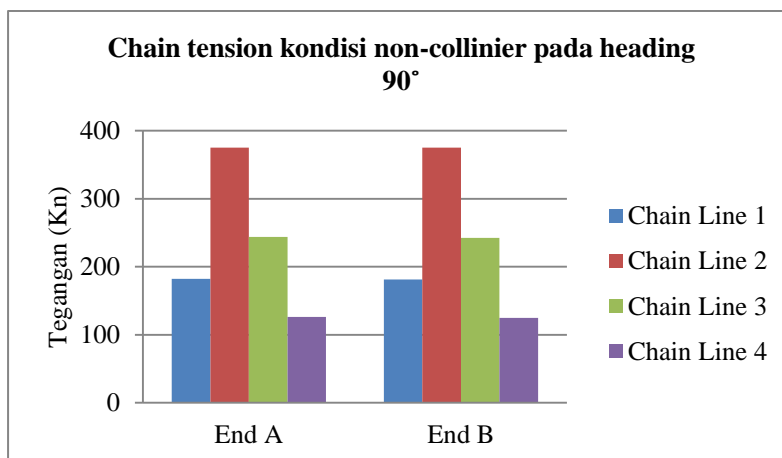
Tabel 4.9 Nilai *tension* tali tambat untuk kondisi Non-Collinier pada heading 90°

Condition	Lines	Tension	Times	MBL	Safety	S.F	Status	
		kN	s	kN	Factor	ABS		
Heading 90°	NL 1	End A	147.53	1360.8	549	3.72	1.67	accepted
		End B	147.44	1360.8	549	3.72	1.67	accepted
	NL 2	End A	269.19	3564.2	549	2.04	1.67	accepted
		End B	269.25	3564.2	549	2.04	1.67	accepted
	NL 3	End A	218.59	1363.9	549	2.51	1.67	accepted
		End B	218.66	1363.9	549	2.51	1.67	accepted
	NL 4	End A	105.86	1979	549	5.19	1.67	accepted
		End B	105.86	1979	549	5.19	1.67	accepted
	CL 1	End A	182.28	1361.5	853	6.74	1.67	accepted
		End B	181.35	1361.5	853	6.83	1.67	accepted
	CL 2	End A	375.28	1361.3	853	2.27	1.67	accepted
		End B	375.34	1361.3	853	2.27	1.67	accepted
CL 3	End A	243.66	3567.2	853	3.50	1.67	accepted	

		End B	242.62	3567.2	853	3.52	1.67	accepted
	CL 4	End A	126.5	3567	853	4.68	1.67	accepted
		End B	124.88	3567	853	4.70	1.67	accepted



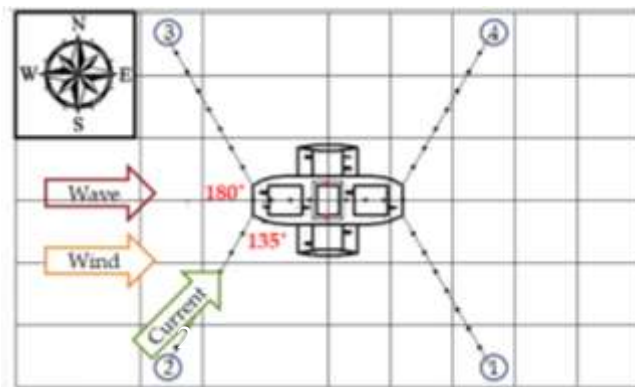
Gambar 4.30 Grafik *tension* di *nylon line* pada heading 90°



Gambar 4.31 Grafik *tension* di *chain line* pada heading 90°

Pada tabel 4.9 merupakan hasil maksimum *tension* pada saat kondisi *non-collinier* yang dimana variasi beban lingkungan dari berbagai arah *heading*. Dapat dilihat pada tabel 4.9 nilai *tension* pada *mooring line 2* lebih besar dari pada nilai *tension* dari *mooring line* yang lain, yaitu sebesar 269.19 kN di titik End A dan 269.25 kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 375.28 kN di titik End dan 375.34 kN di titik End B. Hal tersebut terjadi karena pengaruh dari beban arus laut yang masuk dari arah

heading 45° dan beban angin serta beban gelombang yang masuk dari arah heading 180°. *Mooring line 3* memiliki nilai *tension* sebesar 218.59 kN di titik End A dan 218.66 kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 243.66 kN di titik End A dan 242.62 kN di titik End B. Hal tersebut terjadi karena pada *mooring line 3* terkena beban gelombang dan beban angin dari arah heading 180°. Untuk *mooring line 1* memiliki *tension* sebesar 147.53 kN di titik End A dan 147.44 kN di titik End B, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 182.28 kN di titik End A dan 181.35 kN di titik End B. Hal tersebut terjadi karena pada *mooring line 1* terkena beban arus laut. Sehingga pada *mooring line 4* memiliki nilai *tension* yang lebih kecil dibandingkan dengan yang lain karena tidak terkena beban lingkungan yang signifikan.



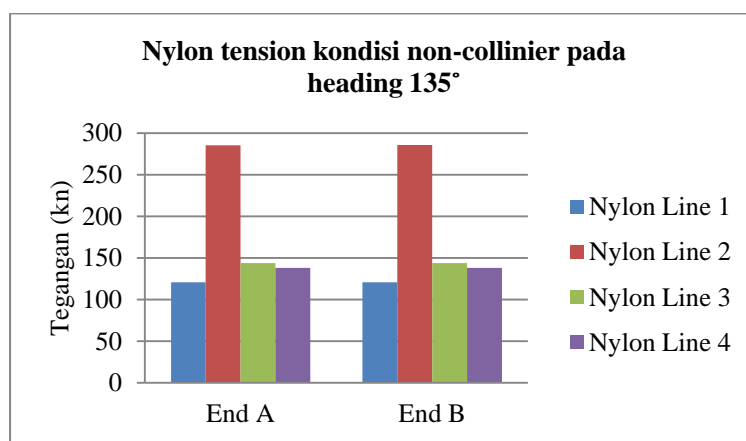
Gambar 4.32 Beban lingkungan arah heading 180° dan 135° kondisi *non-collinier*

Pada gambar 4.32 menunjukkan beban lingkungan diterima oleh *platform* pada arah heading 180° yaitu beban gelombang dan beban angin, sedangkan arah heading 135° yaitu beban arus laut.

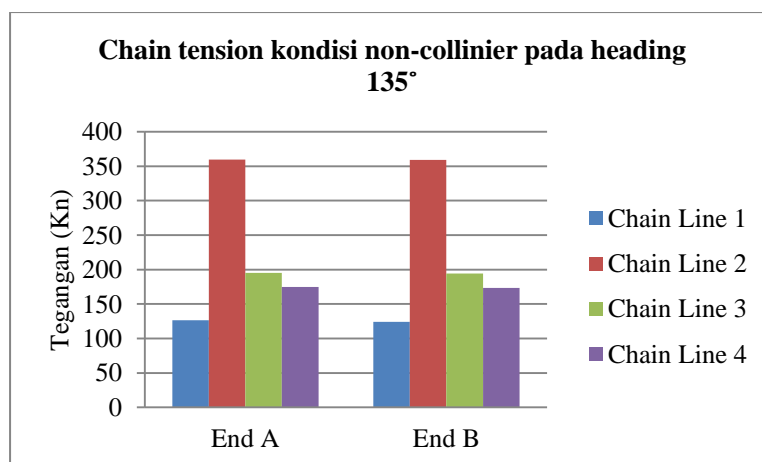
Tabel 4.10 Nilai *tension* tali tambat untuk kondisi Non-Collinier pada heading 135°

Condition	Lines	Tension	Times	MBL	Safety Factor	S.F	Status	
		kN	s	kN		ABS		
Heading 135°	NL 1	End A	120.87	4859.3	549	4.54	1.67	accepted
		End B	120.77	4859.3	549	4.55	1.67	accepted
	NL 2	End A	285.57	3584.1	549	1.92	1.67	accepted
		End B	285.65	3584.1	549	1.92	1.67	accepted
	NL 3	End A	144.02	1379.9	549	3.81	1.67	accepted
		End B	143.97	1379.9	549	3.81	1.67	accepted

	NL 4	End A	138.05	3580.3	549	3.98	1.67	accepted
		End B	138.09	3580.3	549	3.98	1.67	accepted
	CL 1	End A	126.58	4859.5	853	6.74	1.67	accepted
		End B	124.32	4859.5	853	6.86	1.67	accepted
	CL 2	End A	359.84	1380.6	853	2.37	1.67	accepted
		End B	359.25	1380.6	853	2.37	1.67	accepted
	CL 3	End A	195.23	1380.7	853	4.37	1.67	accepted
		End B	194.2	1380.7	853	4.39	1.67	accepted
CL 4	End A	174.83	8580.3	853	4.88	1.67	accepted	
	End B	173.32	8580.3	853	4.92	1.67	accepted	

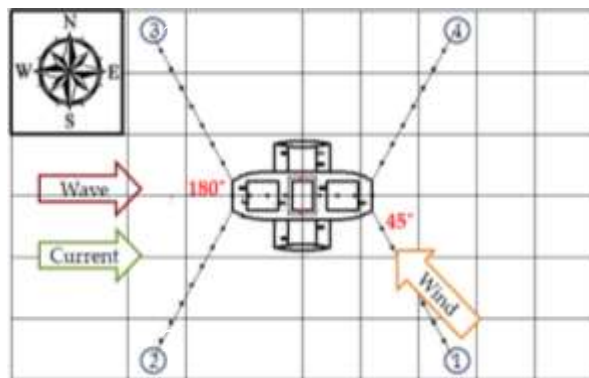


Gambar 4.33 Grafik *tension* di *nylon line* pada *heading* 135°



Gambar 4.34 Grafik *tension* di *chain line* pada *heading* 135°

Pada tabel 4.10 merupakan hasil maksimum *tension* pada saat kondisi *non-collinier* yang dimana variasi beban lingkungan dari berbagai arah *heading*. Dapat dilihat pada tabel 4.10 nilai *tension* pada *mooring line 2* lebih besar dari pada nilai *tension* yang lain, yaitu sebesar 285.57 kN di titik End A dan 285.65 kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 359.84 kN di titik End A dan 359.25 kN di titik End B. Hal tersebut terjadi karena pengaruh dari beban arus laut yang masuk dari arah *heading* 135° dan beban gelombang serta beban angin yang masuk dari arah *heading* 180°. Untuk *mooring line 3* menghasilkan nilai *tension* sebesar 144.02 kN di titik End A dan 143.97 kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 195.23 kN di titik End A dan 194.2 kN di titik End B. Hal tersebut terjadi karena pengaruh dari beban gelombang dan beban angin yang masuk dari arah *heading* 180°. Sehingga pada *mooring line 1* dan 4 nilai *tension* yang terjadi tidak terlalu besar, karena tidak terpengaruh beban lingkungan yang signifikan.

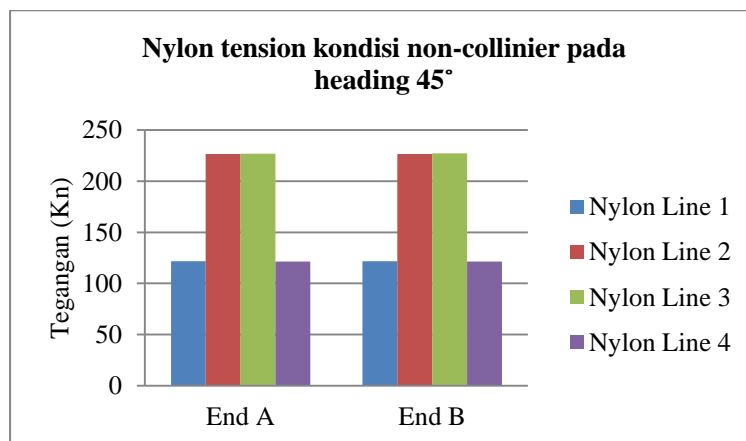


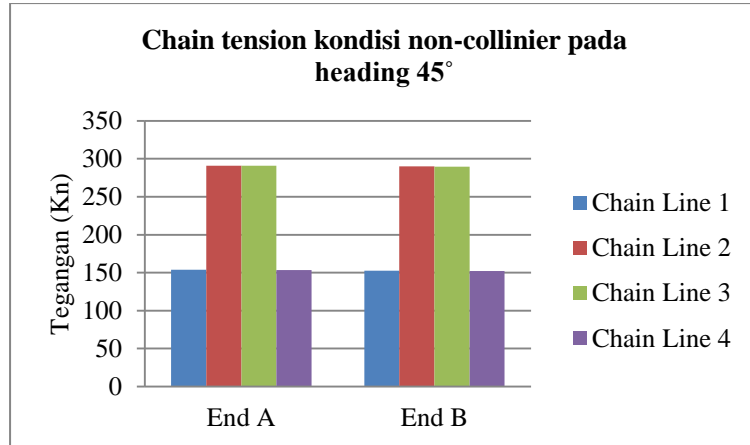
Gambar 4.35 Beban lingkungan arah *heading* 180° dan 45° kondisi *non-collinier*

Pada gambar 4.34 menunjukkan beban lingkungan diterima oleh *platform* pada arah *heading* 180° yaitu beban gelombang dan beban arus laut, sedangkan arah *heading* 45° yaitu beban angin.

Tabel 4.11. Beban lingkungan arah *heading* 180° dan 45° kondisi *non-collinier*

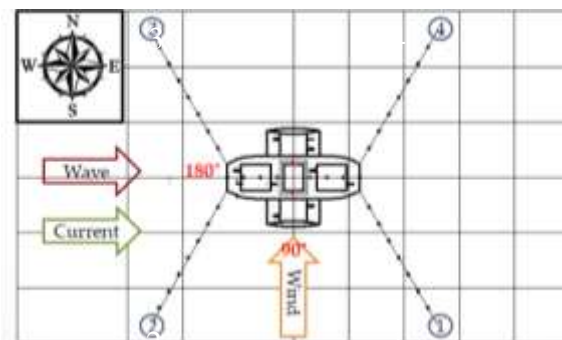
Condition		Lines	Tension	Times	MBL	Safety Factor	S.F	Status	
			kN	s	kN		ABS		
Heading 45°	Non Collinier Angin	NL 1	End A	121.75	8590.9	549	4.51	1.67	accepted
			End B	121.64	8590.9	549	4.51	1.67	accepted
		NL 2	End A	226.62	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
			End B	226.7	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
		NL 3	End A	226.96	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
			End B	227.04	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
		NL 4	End A	121.43	8590.9	549	4.52	1.67	accepted
			End B	121.32	8590.9	549	4.53	1.67	accepted
		CL 1	End A	153.65	8591.2	853	5.55	1.67	accepted
			End B	152.48	8591.2	853	5.59	1.67	accepted
		CL 2	End A	290.71	8589	853	2.93	1.67	accepted
			End B	289.9	8589.1	853	2.95	1.67	accepted
		CL 3	End A	290.83	8589	853	2.93	1.67	accepted
			End B	289.52	8589	853	2.95	1.67	accepted
		CL 4	End A	153.51	8591.2	853	5.56	1.67	accepted
			End B	152.33	8591.2	853	5.60	1.67	accepted

Gambar 4.36 Grafik *tension* di *nylon line* pada *heading* 45°



Gambar 4.37 Grafik *tension* di *chain line* pada *heading* 45°

Pada tabel 4.11 merupakan hasil maksimum *tension* pada saat kondisi *non-collinier* yang dimana variasi beban lingkungan dari berbagai arah *heading*. Dapat dilihat pada tabel 4.11 nilai *tension* pada *mooring line* 1 lebih besar dari pada nilai *tension* dari *mooring line* 4, yaitu sebesar 121.75 kN di titik End A dan 121.64 kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 153.65 kN di titik End A dan 152.48 kN di titik End B. Hal tersebut terjadi karena pengaruh dari beban angin yang masuk dari arah *heading* 45°. Dapat dilihat pada gambar 4.19 untuk beban gelombang dan beban arus masuk dari arah *heading* 180°, sehingga beban tersebut mempengaruhi *mooring line* 2 dan 3. Untuk *mooring line* 2 menghasilkan maksimum *tension* sebesar 226.62 kN di titik End A dan 226.7 kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 290.71 di titik End A dan 289.9 di titik End B. Untuk *mooring line* 3 menghasilkan maksimum *tension* sebesar 226.96 kN di titik End A dan 227.04 kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 290.83 kN di titik End A dan 289.52 kN di titik End B.

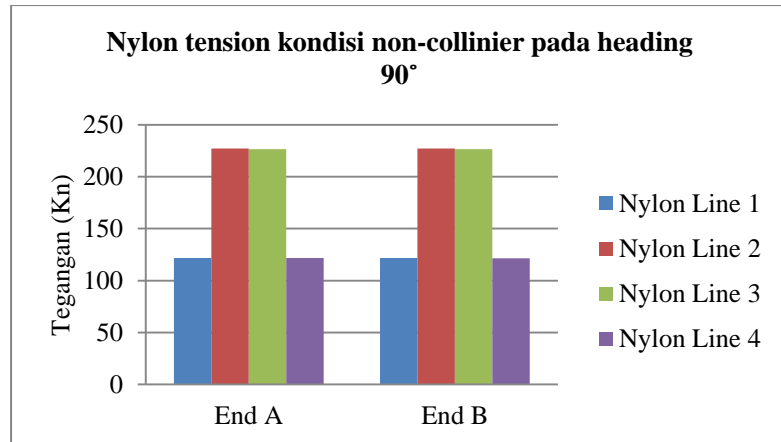


Gambar 4.38 Beban lingkungan arah heading 180° dan 90° kondisi *non-collinier*

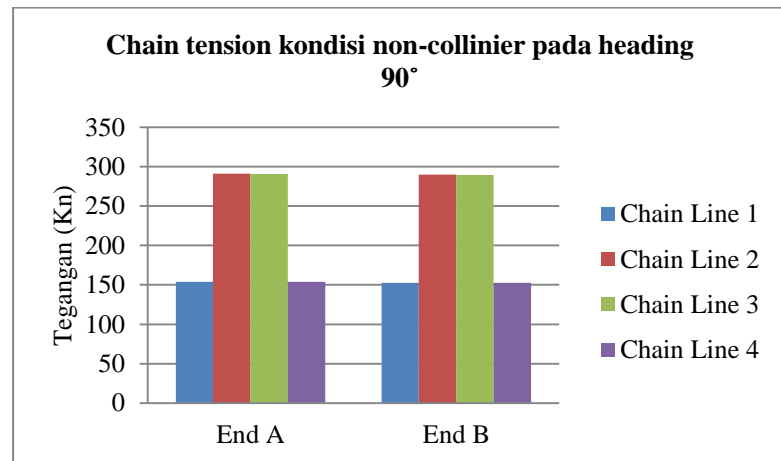
Pada gambar 4.37 menunjukkan beban lingkungan diterima oleh *platform* pada arah heading 180° yaitu beban gelombang dan beban arus laut, sedangkan arah heading 90° yaitu beban angin.

Tabel 4.12. Beban lingkungan arah heading 180° dan 90° kondisi *non-collinier*

Condition	Lines		Tension	Times	MBL	Safety Factor	S.F	Status
			kN	s	kN		ABS	
Heading 90°	NL 1	End A	121.78	8590.9	549	4.51	1.67	accepted
		End B	121.68	8590.9	549	4.51	1.67	accepted
	NL 2	End A	227.18	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
		End B	227.26	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
	NL 3	End A	226.62	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
		End B	226.71	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
	NL 4	End A	121.62	8590.9	549	4.51	1.67	accepted
		End B	121.51	8590.9	549	4.52	1.67	accepted
	CL 1	End A	153.88	8591.2	853	5.55	1.67	accepted
		End B	152.71	8591.2	853	5.59	1.67	accepted
	CL 2	End A	291.13	8589	853	2.93	1.67	accepted
		End B	289.83	8589	853	2.94	1.67	accepted
	CL 3	End A	290.63	8589.1	853	2.94	1.67	accepted
		End B	289.31	8589.1	853	2.95	1.67	accepted
	CL 4	End A	153.69	8591.2	853	5.54	1.67	accepted
		End B	152.52	8591.2	853	5.59	1.67	accepted



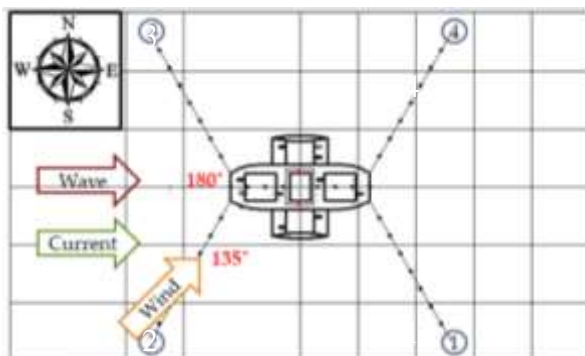
Gambar 4.39 Grafik *tension* di *nylon line* pada heading 90°



Gambar 4.40 Grafik *tension* di *chain line* pada heading 90°

Pada tabel 4.12 merupakan hasil maksimum *tension* pada saat kondisi *non-collinier* yang dimana variasi beban lingkungan dari berbagai arah *heading*. Dapat dilihat pada tabel 4.12 nilai *tension* pada *mooring line 2* lebih besar dari pada nilai *tension* dari *mooring line* yang lain, yaitu sebesar 227.18 kN di titik End A dan 227.26 kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 291.13 kN di titik End dan 289.83 kN di titik End B. Hal tersebut terjadi karena pengaruh dari beban angin yang masuk dari arah *heading* 45° dan beban arus laut serta beban gelombang yang masuk dari arah *heading* 180°. *Mooring line 3* memiliki nilai *tension* sebesar 226.62 kN di titik End A dan 226.71 kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 290.63 kN di titik End A dan 289.31 kN di titik End B. Hal tersebut terjadi karena pada *mooring line 3* terkena beban gelombang dan beban

arus laut dari arah *heading* 180°. Untuk *mooring line* 1 memiliki *tension* sebesar 121.78 kN di titik End A dan 121.68 kN di titik End B, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 153.88 kN di titik End A dan 152.71 kN di titik End B. Hal tersebut terjadi karena pada *mooring line* 1 terkena beban angin. Sehingga pada *mooring line* 4 memiliki nilai *tension* yang lebih kecil dibandingkan dengan yang lain karena tidak terkena beban lingkungan yang signifikan.



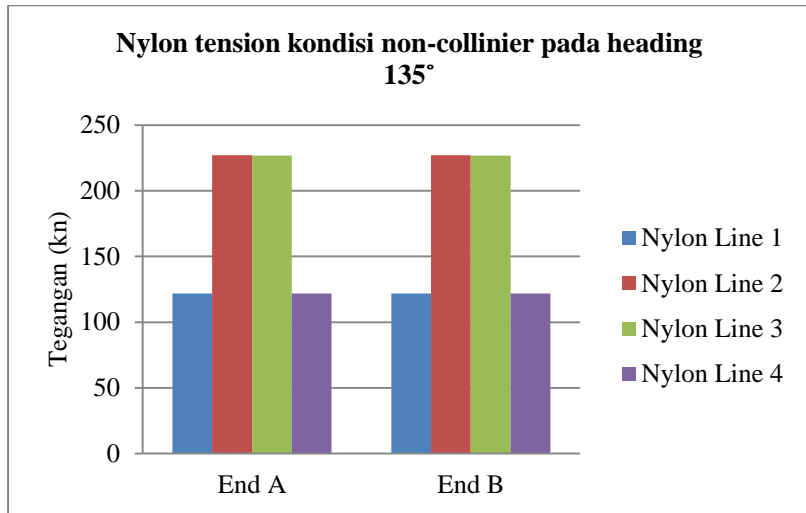
Gambar 4.41 Beban lingkungan arah *heading* 180° dan 135° kondisi *non-collinier*

Pada gambar 4.21 menunjukkan beban lingkungan diterima oleh *platform* pada arah *heading* 180° yaitu beban gelombang dan beban arus laut, sedangkan arah *heading* 135° yaitu beban angin.

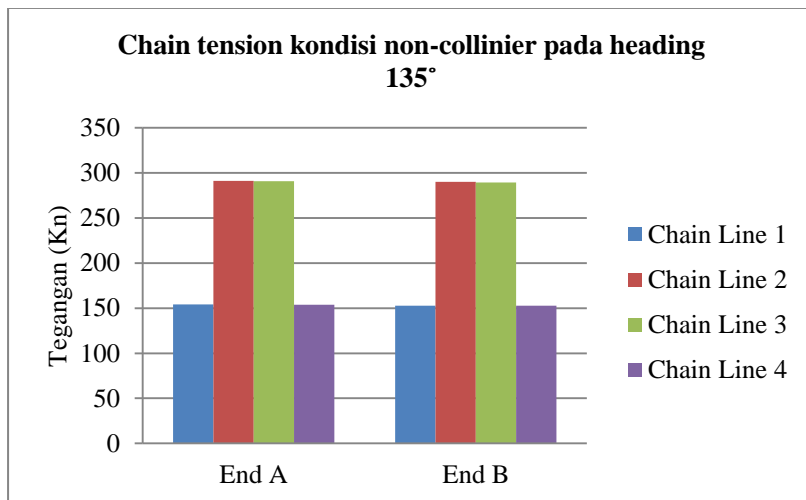
Tabel 4.13. Beban lingkungan arah *heading* 180° dan 135° kondisi *non-collinier*

Condition	Lines		Tension	Times	MBL	Safety	S.F	Status	
			kN	s	kN	Factor	ABS		
Heading 135°	Non Collinier Angin	NL 1	End A	121.87	8590.9	549	4.50	1.67	accepted
			End B	121.76	8590.9	549	4.51	1.67	accepted
		NL 2	End A	227.16	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
			End B	227.2	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
		NL 3	End A	226.84	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
			End B	226.92	3594.9	549	2.42	1.67	accepted
		NL 4	End A	121.85	121.85	549	4.51	1.67	accepted
			End B	121.74	121.85	549	4.51	1.67	accepted
		CL 1	End A	154.00	8591.2	853	5.54	1.67	accepted
			End B	152.83	8591.2	853	5.58	1.67	accepted
		CL 2	End A	291.22	8589	853	2.93	1.67	accepted
			End B	289.91	8589.1	853	2.94	1.67	accepted

		CL 3	End A	290.72	8589.1	853	2.93	1.67	accepted
			End B	289.41	8589.1	853	2.95	1.67	accepted
		CL 4	End A	153.86	8591.2	853	5.54	1.67	accepted
			End B	152.69	8591.2	853	5.59	1.67	accepted



Gambar 4.42 Grafik *tension* di *nylon line* pada heading 135°



Gambar 4.43 Grafik *tension* di *chain line* pada heading 135°

Pada tabel 4.13 merupakan hasil maksimum *tension* pada saat kondisi *non-collinier* yang dimana variasi beban lingkungan dari berbagai arah *heading*. Dapat dilihat pada tabel 4.13 nilai *tension* pada *mooring line 2* lebih besar dari pada nilai *tension* yang lain, yaitu sebesar 227.16 kN di titik End A dan 227.2

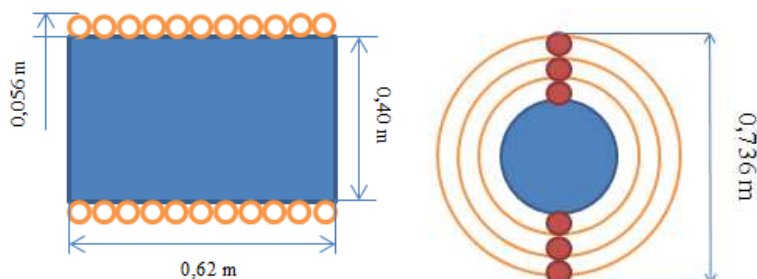
kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 291.22 kN di titik End A dan 289.91 kN di titik End B. Hal tersebut terjadi karena pengaruh dari beban angin yang masuk dari arah *heading* 135° dan beban gelombang serta beban arus laut yang masuk dari arah *heading* 180°. Untuk *mooring line* 3 menghasilkan nilai *tension* sebesar 226.84 kN di titik End A dan 226.92 kN di titik End B pada *nylon rope*, sedangkan nilai *tension* pada *chain* sebesar 290.72 kN di titik End A dan 289.41 kN di titik End B. Hal tersebut terjadi karena pengaruh dari beban gelombang dan beban arus laut yang masuk dari arah *heading* 180°. Sehingga pada *mooring line* 1 dan 4 nilai *tension* yang terjadi tidak terlalu besar, karena tidak terpengaruh beban lingkungan yang signifikan.

4.7 Analisa Kekuatan Konstruksi pada Sambungan Mooring

Pada analisa kekuatan konstruksi ini dilakukan berdasarkan beban yang didapatkan dari hasil output analisis sebelumnya berupa *tension* tali tambat dan tekanan hidrostatis yang terjadi. Beban yang akan digunakan diambil nilai maksimum yang terjadi.

4.7.1 Perancangan Jumlah Gulungan Tali Tambat

Untuk menentukan jumlah gulungan tali pertama harus menentukan diameter dan panjang drum, dimana diameter drum sudah ditentukan sebesar 0,4 m dan panjangnya sebesar 0,62 m. Sedangkan panjang tali yang dimuat pada drum sepanjang 30 m. Sehingga jumlah gulungan akan menentukan tinggi dari pondasi winch tersebut.

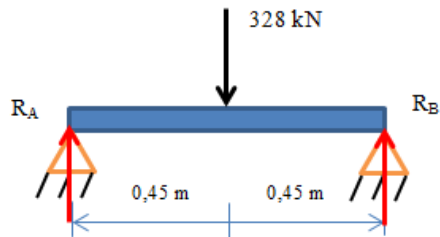


Gambar 4.44 Perencanaan jumlah lilitan pada drum winch

4.7.2 Perhitungan Mekanika Teknik Poros Terhadap Beban

- Perhitungan mekanika teknik pada poros untuk mencari reaksi yang terjadi pada sendi, yang terkena gaya tarikan dari mooring. Sehingga

hasil reaksi yang terjadi pada sendi akan disimulasikan pada solidwork sebagai input gaya yang nantinya diberikan pada pondasi winch.



Gambar 4.45 Ilustrasi pembebanan dari tarikan *mooring* pada poros dititik tengah

Mencari Reaksi

$$\sum M_A = 0$$

$$(-R_{B1} \times 0,9) + (P \times 0,45) = 0$$

$$(-R_{B1} \times 0,9) + (328 \times 0,45) = 0$$

$$(-R_{B1} \times 0,9) + (147,6) = 0$$

$$R_{B1} = 164 \text{ kN}$$

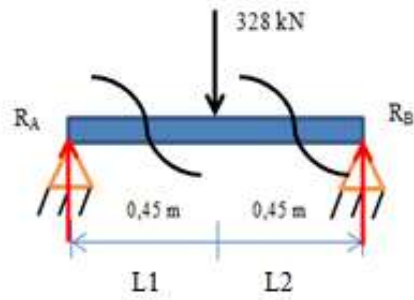
$$\sum M_B = 0$$

$$(R_{A1} \times 0,9) - (P \times 0,45) = 0$$

$$(R_{A1} \times 0,9) - (328 \times 0,45) = 0$$

$$(R_{A1} \times 0,9) - (147,6) = 0$$

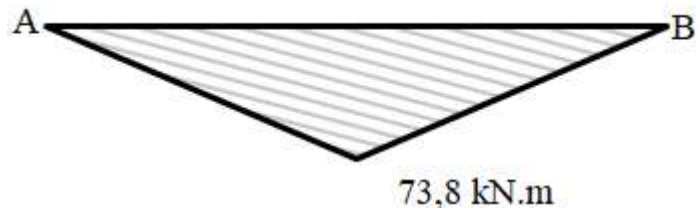
$$R_{A1} = 164 \text{ kN}$$



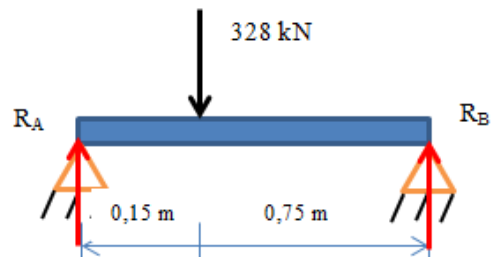
Gambar 4.46 Pembagian perhitungan mencari moment

Mencari Moment

$$\begin{aligned}\sum M1 &= R_{A1} \times L1 \\ &= 164 \times 0,45 \\ &= 73,8 \text{ kN.m}\end{aligned}$$



Gambar 4.47 Diagram bending moment dititik tengah poros



Gambar 4.48 Ilustrasi pembebanan dari tarikan *mooring* pada poros dititik samping

Mencari Reaksi

$$\sum M_A = 0$$

$$(-R_{B2} \times 0,9) + (P \times 0,15) = 0$$

$$(-R_{B2} \times 0,9) + (328 \times 0,15) = 0$$

$$(-R_{B1} \times 0,9) + (49,2) = 0$$

$$R_{B2} = 54,6 \text{ kN}$$

$$\sum M_B = 0$$

$$(R_{A2} \times 0,9) - (P \times 0,75) = 0$$

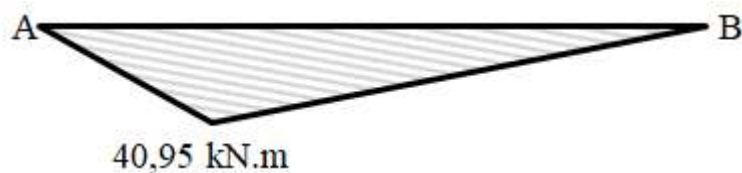
$$(R_{A2} \times 0,9) - (328 \times 0,75) = 0$$

$$(R_{A2} \times 0,9) - (246) = 0$$

$$R_{A2} = 273,3 \text{ kN}$$

Mencari Moment

$$\begin{aligned} \sum M1 &= R_{A2} \times L1 \\ &= 273,3 \times 0,15 \\ &= 40,995 \text{ kN.m} \end{aligned}$$

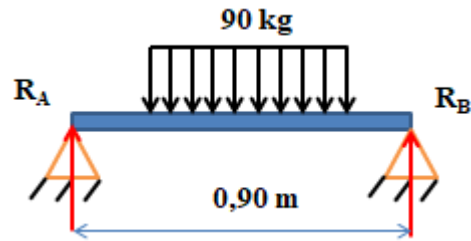


Gambar 4.49 Diagram bending moment dititik samping

- Berat total nylon rope 60,81 kg/ (sepanjang 30 m, Ø 56 mm)

Berat drum winch 29,19 kg

Total 90 kg



Gambar 4.50 Ilustrasi pembebanan dari berat *nylon rope* dan drum pada poros

$$R_A, R_B = \frac{q \cdot L}{2}$$

$$R_{A3}, R_{B3} = \frac{90 \times 0,90}{2}$$

$$R_{A3}, R_{B3} = 40,5 \text{ kg} = 0,397 \text{ kN}$$

$$\sum R_{A\text{tot}} = \sqrt{RA1^2 + RA2^2}$$

$$\sum R_{A\text{tot}} = \sqrt{273,3^2 + 0,397^2}$$

$$\sum R_{A\text{tot}} = 273,3 \text{ kN}$$

- Perhitungan diameter poros

Diketahui : $S_n = 79771$ psi (tensile strength material carbon steel)

$C_s = 0,72$ (size factor)

$C_r = 0,81$ (reliability factor)

$N = 2$ (design factor)

$K_t = 1,5$ (keyseats)

$M = 73,8 \text{ kN.m} = 653185 \text{ lb.in}$ (bending moment)

$T = 0$ (tidak diketahui)

$$S_n' = S_n \times C_s \times C_r$$

$$S_n' = 79771 \times 0,72 \times 0,81$$

$$S_n' = 46523 \text{ psi}$$

$$D_s = \left[\frac{32 \cdot N}{\pi} \sqrt{\left(\frac{Kt \cdot M}{S_n'} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_s = \left[\frac{32 \times 2}{3,14} \sqrt{\left(\frac{1,5 \times 653185}{46523} \right)^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_s = 7,5 \text{ inch} = 190,5 \text{ mm}$$

4.7.3 Komponen Pendukung Poros

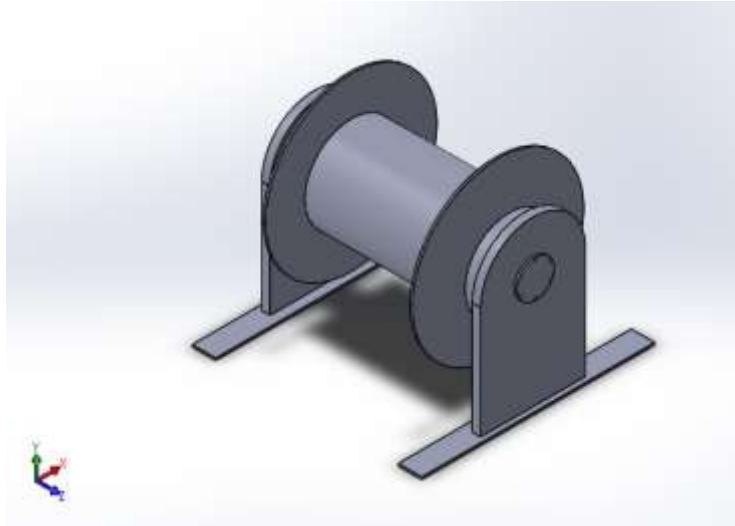
Jenis bantalan yang digunakan adalah bantalan bola dorong. Ini dipilih karena bisa digunakan untuk menahan beban dinamis secara eksklusif sebesar 276 kN. Pada poros poros sumbu vertikal ini, 6 bantalan bantalan dorong silindris SKF 6330 terpasang.

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	C	C ₀	P _u	Reference speed	Limiting speed		
mm			kN		kN	r/min		kg	-
150	190	20	48,8	61	1,96	6 700	4 300	1,2	61830
	210	28	88,4	93	2,9	6 300	5 300	3,05	61930 MA
	225	24	92,3	98	3,05	6 000	3 800	3,15	16030
	225	35	125	125	3,9	6 000	3 800	4,3	6030
	270	45	174	166	4,9	5 000	3 200	10	6230
	320	65	276	285	7,8	4 300	2 800	23	6330
	320	65	276	285	7,8	4 300	4 000	26	6330 M

Gambar 4.51 Katalog *bearing* yang digunakan

4.7.4 Permodelan Geometri Struktur Winch

Untuk permodelan geometri pada *winch* dengan memasukan hasil dari perhitungan yang akan menjadi parameter dalam desain geometri pondasi *winch*.



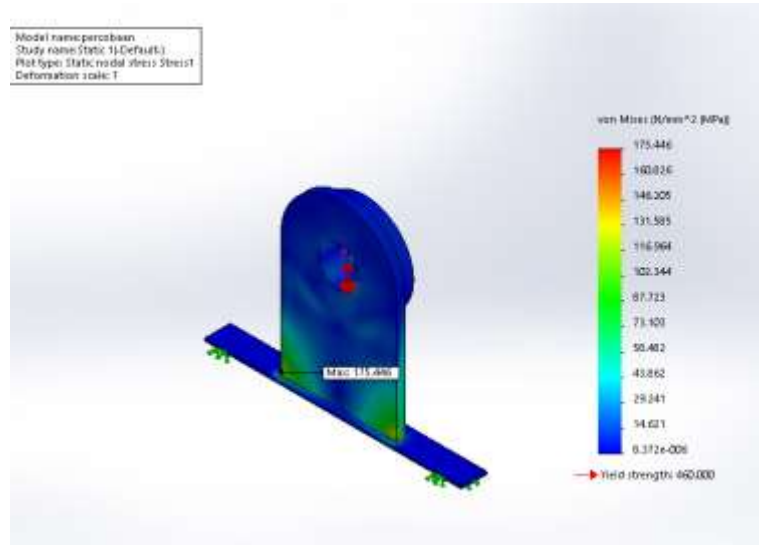
Gambar 4.52 Model geometri *winch*

4.7.5 Simulasi Model Geometri Struktur Winch

Simulasi dilakukan dengan memasukkan paramater yang telah diketahui dan dihitung dari poros horizontal ke dalam *software* solidwork dan dilakukan dengan *finite element method*. Output dari simulasi tersebut, akan mengetahui tegangan von mises, regangan, *safety factor*, dan deformasi pada pondasi winch. Pemodelan dan hasil Simulasi akan dianalisis sebagai berikut.

4.7.5.1 Tegangan

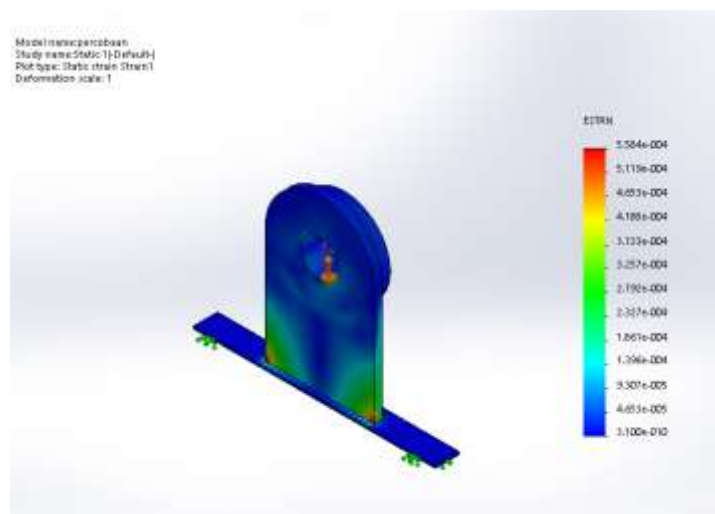
Untuk hasil dari simulasi menunjukkan besaran tegangan yang terjadi pada pondasi *winch* sebesar 175,466 MPa, dengan menggunakan material AISI 4130 Steel. Nilai tegangan maksimum sejauh ini dibawah nilai kekuatan tarik sebesar 460 MPa.



Gambar 4.53 Hasil tegangan maksimum von misses

4.7.5.2 Regangan

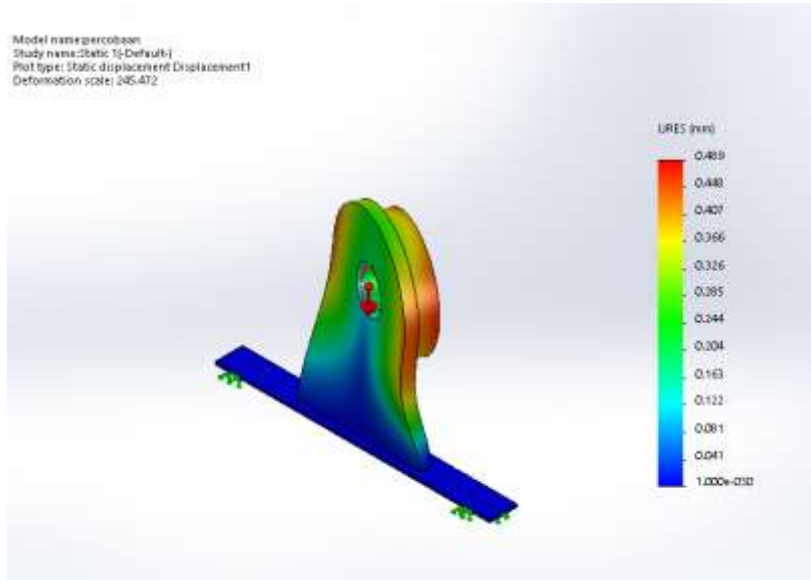
Untuk hasil simulasi regangan maksimum yang terjadi pada pondasi *winch* sebesar 0,000558403437. Pada gambar 4.50 menunjukkan hasil regangan yang terjadi pada pada pondasi winch dengan perbedaan warna pada setiap titiknya. Untuk warna merah menunjukkan bahwa dititik tersebut terjadi regangan maksimum, sedangkan untuk warna biru tua menunjukkan dititik tersebut terjadi regangan yang minimum.



Gambar 4.54 Hasil simulasi regangan

4.7.5.3 Displacement

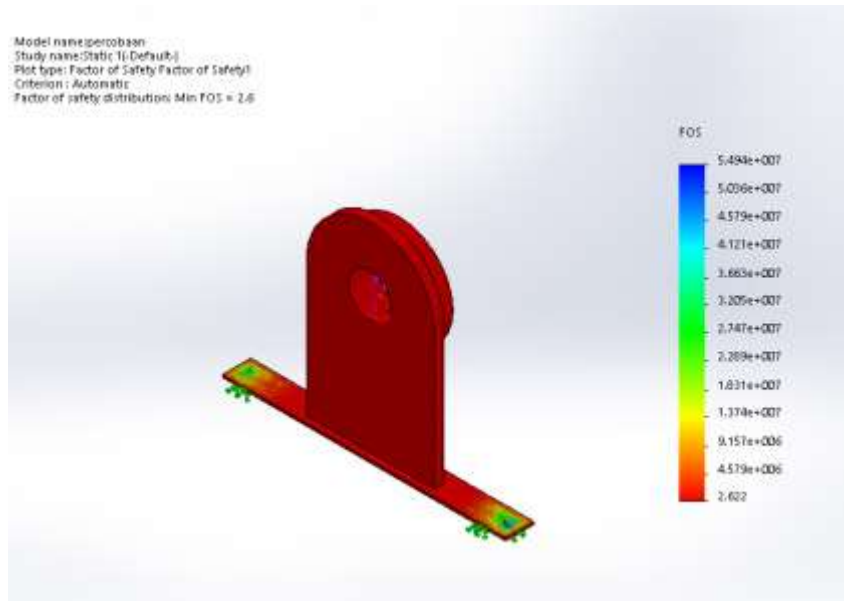
Untuk hasil simulasi dari *displacement* maksimum adalah 0,489 mm, dengan skala deformasi 245,472. dan gambar 4.51 menunjukkan bentuk deformasi yang mungkin terjadi. Pada gambar 4.51 untuk warna merah menunjukkan maksimum *displacement* yang terjadi, sedangkan warna biru tua menunjukkan minimum *displacement* yang terjadi. Untuk warna kuning, hijau dan biru muda menunjukkan *displacement* yang terjadi sedang.



Gambar 4.55 Hasil simulasi *displacement*

4.7.5.4 Safety Factor

Untuk hasil simulasi *safety factor* minimum yang terjadi pada pondasi winch adalah 2,6. Hal tersebut menunjukkan pondasi aman pada saat terkena beban lingkungan ekstrim dari tarikan *mooring*.



Gambar 4.56 Hasil simulasi safety factor

“ Halaman ini sengaja dikosongkan “

BAB 5

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis data, pembahasan, dan hasil simulasi dengan menggunakan *finite element method*, maka dapat disimpulkan bahwa.

1. Respon gerakan dari struktur *platform* katamaran PLTAL dalam kondisi *free floating* ditinjau dari enam (6) gerakan bangunan apung yang memiliki nilai tertinggi yaitu pada gerakan *roll* dan *pitch*. Gerakan *roll* sebesar 32,324 deg/deg pada arah *heading* 90°, sedangkan gerakan *pitch* sebesar 8,621 deg/deg pada arah *heading* 180°.
2. Dalam analisa ini, tension terbesar yang dialami tali tambat pada struktur *platform* katamaran PLTAL diakibatkan oleh beban gelombang ekstrim dalam kondisi collinier adalah sebesar 327,04 kN pada *nylon rope* dan 437,62 kN pada *chain*. Untuk kondisi non-collinier tegangan maksimum yang terjadi sebesar 285,65 kN dan 375,34 kN pada *chain*. Sehingga merubah diameter *nylon rope* dan *chain* yang awalnya berdiameter sebesar 50 mm pada *nylon rope* dan 26 mm pada *chain*, menjadi 56 mm pada *nylon rope* dan 48 mm untuk *chain* pada penelitian sebelumnya. Karena *mean breaking load* komponen yang tidak *acceptable* pada *safety factor* yang telah ditentukan sebesar 1,67.
3. Pada hasil akhir analisis pondasi *winch* mampu menahan tarikan *mooring* pada saat kondisi ekstrim, yang di tunjukan pada hasil simulasi oleh *software* SolidWork. Dimana tegangan maksimum yang terjadi sebesar 175,466 MPa, nilai tersebut masih dibawah nilai kekuatan tarik bahan sebesar 460 MPa dengan material AISI 4130 Steel. Untuk nilai regangan maksimum yang terjadi sebesar 0.000558403437. Untuk *displacement* terjadi perubahan bentuk yang minimum sebesar 0,489 mm, dengan skala deformasi 245,472. Sedangkan *safety factor* pada pondasi *winch* memiliki nilai 2,6. Dimana nilai tersebut dikatakan aman, karena jauh dari nilai standard *safety factor* yang ditentukan *ABS rules* sebesar 2.

5.2 Saran

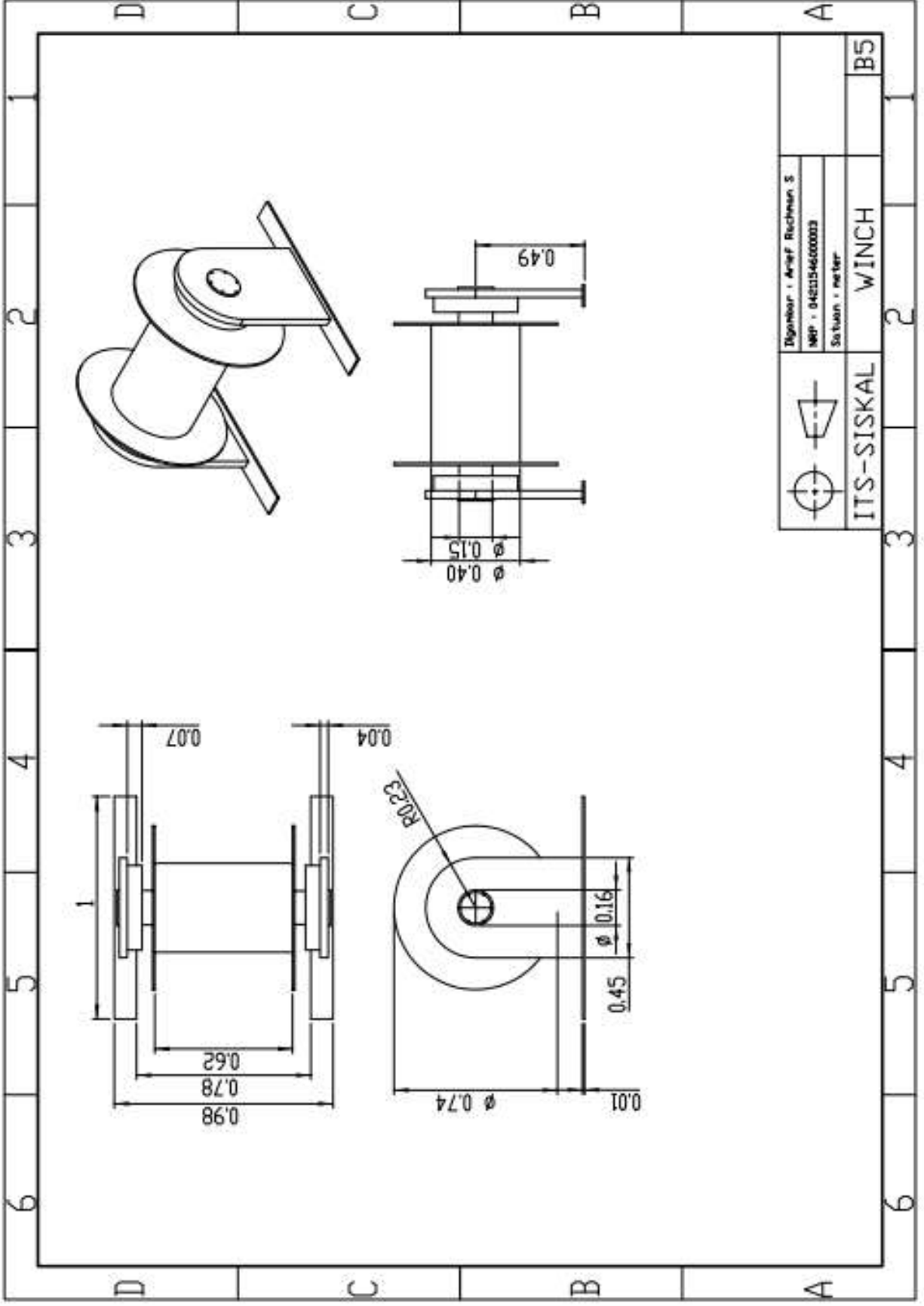
Untuk saran yang dapat diberikan untuk penelitian lebih lanjut mengenai Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :



1. Disarankan untuk melakukan analisa *fatigue life* (FLS) dan keandalan dari tali tambat struktur *platform* katamaran PLTAL untuk mendapatkan tingkat keamanan yang tinggi. Hal ini berkaitan dengan pentingnya peranan sistem tali tambat dalam menjaga *platform* untuk tetap berada pada posisinya.
2. Disarankan untuk melakukan penelitian analisis kekuatan dengan menggunakan *software* yang lebih memadai dalam kasus sambungan antar komponen.

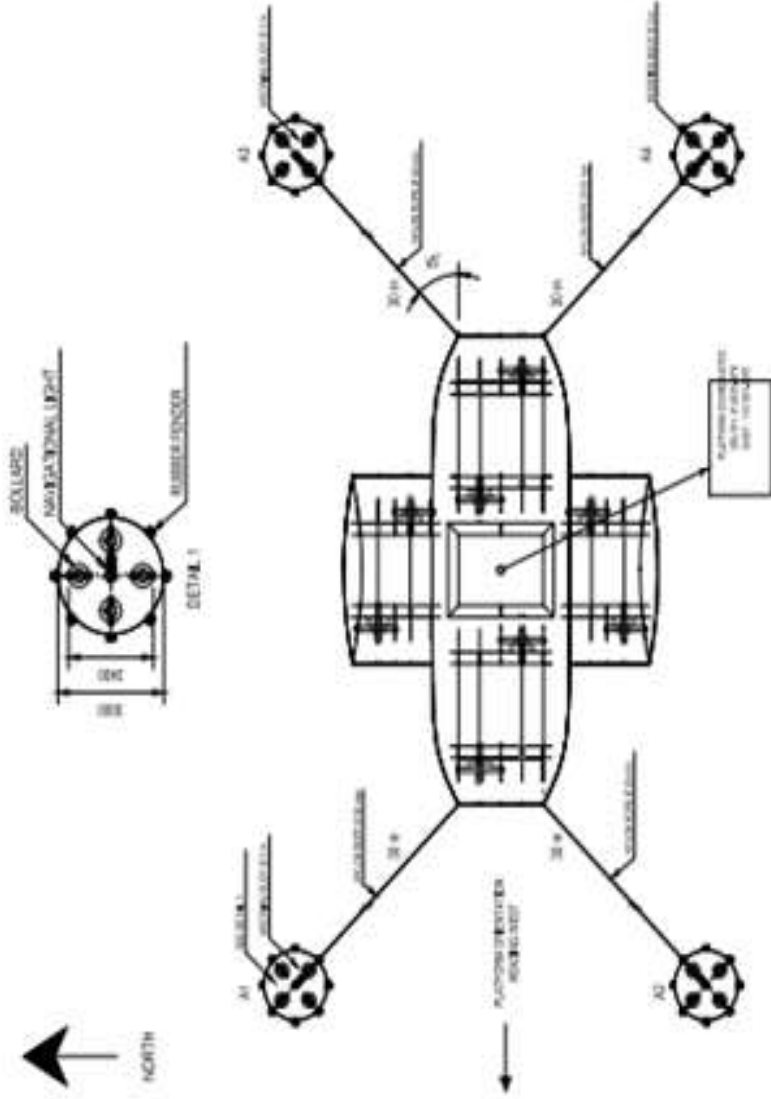
DAFTAR PUSTAKA


- [1] Rivantoro, Fivid, Irfan Syarif Arief. (2015). Studi Pemilihan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL) Menggunakan Metode Analtical Hierarchy Process (AHP). *Jurnal Teknik ITS vol. 4, no. 2.*
- [2] Akin J.E. (2009). *Finite Element Analysis Concept via Solidwork.* Houston, Texas: World Scientific.
- [3] Murtedjo, M. (2004). Perancangan Lines Plan Bangunan Laut Terapung. Surabaya: ITS Press.
- [4] Ardhiansyah, F. (2011). Diambil kembali dari Fahmy is Here : <http://jagunglimabelas.blogspot.co.id/2011/08/jari-jari-girasi.html>
- [5] Bhattacharyya, R. (1978). *Dynamics of Marine Vehicles.* Annapolis: John Wiley & Sons Inc.
- [6] Kiryanto. (2010). Analisa Teknis Stabilitas dan Olah Gerak Kapal Patrol Speed Boat “Grass Carp” DI Perairan Rawa Pening Jawa Tengah. Program Studi S1 Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
- [7] Djatmiko, E. B. (2012). Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak. Surabaya : ITS Press
- [8] API RP 2SK 2nd edition. (1996). *Recommended Practice for Design and Analysis of Station Keeping Systems for Floating Structures.* Washington DC.
- [9] Mustofa, Jamhari. H. B. (2017). Analisa Tegangan Lokal Maksimum Struktur Chain Stopper pada Hexagonal Single Buoy Mooring Terhadap FSO saat Sistem Offloading. Fakultas Teknologi Kelautan, ITS. Surabaya
- [10] Faltinsen, O. M. (1990). *Sea Loads on Ships and Offshore Structures.* United Kingdom: Cambridge University Press.
- [11] Orcina. (2007). *Comparison of OrcaFlex with standard theoretical results.* Page 1
- [12] DNV. (2004). DNV OS E301 - *Position Mooring.* Norway : Det Norske Veritas.
- [13] Soraya, Dhaifina Suci, Irfan, dkk. (2016). Stresses Analysis and Safety Factor of Vertical Axis Turbine (VAT) Shaft on Ocean Current Power Plant. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember Paper,* pp. 2-3

LAMPIRAN A



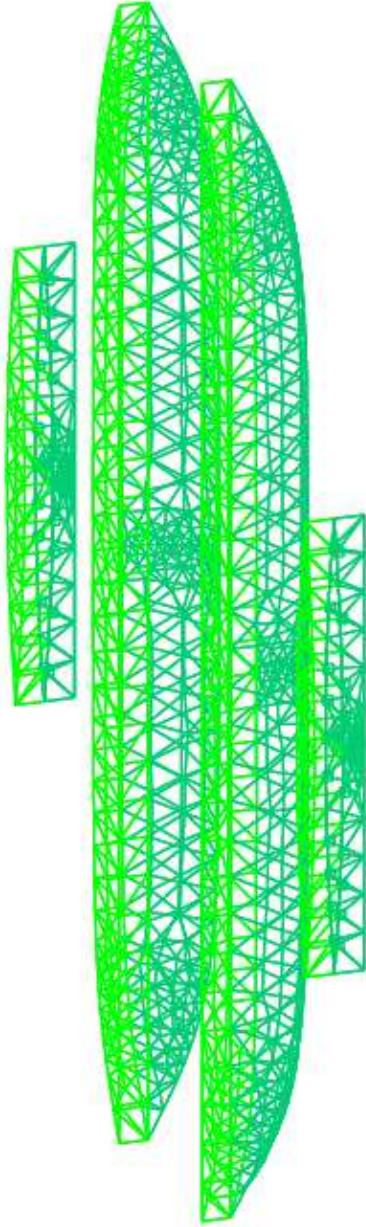
		Diketahui : Arief Rechenan S	
		NRP : 0421214600003	
		Jurusan : meter	
ITS-SISKAL		WINCH	
		2	B5



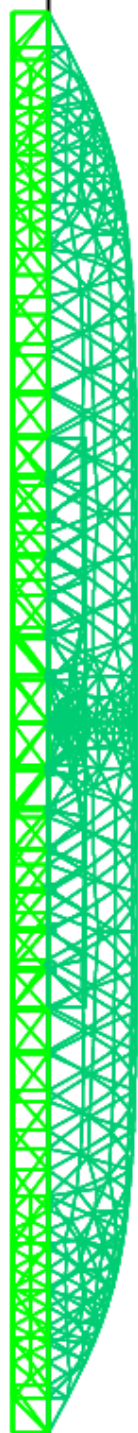
REF. NO.	PART NO.	NOVA	Jumlah	Jumlah	KETERANGAN
DAFTAR 1					
DAFTAR 2					
DAFTAR 3					
 PT. P-GL PERUSAHAAN PERTAMBANGAN GEBIRI RELAYAN			TAMPIL ATAS KONFIGURASI MCKONG SYSTEM		
BENTUK TONGKOR SPALIN KUPUNG				DRAWING NO. 2 OF 4	
PUSAT KONSOLIDASI DAN PENGENDALIAN GEBIRI RELAYAN				A3	

LAMPIRAN B

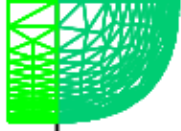
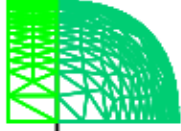
ENERGI LAUT



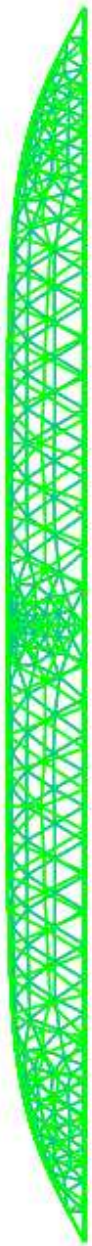
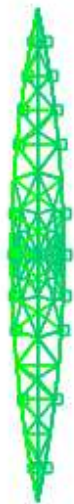
ENERGI LAUT



ENERGI LAUT



ENERGI LAUT



Frequency 0.1000 Period 62.8319

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 4.49733E-01 -1.18542E-03 -9.58389E-01 1.07741E-07 -2.14459E-07
0.00000E+00 -3.62028E-04 1.07727E+01 -1.10877E-02 8.38795E-05 6.67503E-07
0.00000E+00 -9.58389E-01 -1.10877E-02 3.71254E+00 -8.15992E-03 1.45046E-05
-2.65077E-02 1.07741E-07 8.38795E-05 -1.14934E-01 3.03060E+02 -7.53722E-02
1.93111E-10 -2.14459E-07 6.67503E-07 -1.67384E-01 1.00069E-01 1.00578E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 1.64055E-06 -6.44079E-05 -4.13649E-06 4.31955E-09 2.18680E-09
0.00000E+00 2.31095E-07 5.85667E-01 -6.02866E-04 4.34151E-06 3.33045E-08
0.00000E+00 -4.13649E-06 -6.02866E-04 9.33334E-06 -6.40575E-04 2.15928E-09
0.00000E+00 4.31955E-09 4.34151E-06 -5.38028E-03 1.61989E+01 -6.46784E-03
0.00000E+00 2.18680E-09 3.33045E-08 5.45773E-06 7.41928E-03 2.02563E-05

Frequency 0.2000 Period 31.4159

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 4.53835E-01 -8.90231E-04 -9.67415E-01 4.94745E-08 6.85191E-06
0.00000E+00 -3.58082E-04 8.01219E+00 -8.21949E-03 2.41251E-05 -7.33865E-08
0.00000E+00 -9.67415E-01 -8.21949E-03 3.73345E+00 -5.27346E-03 1.69668E-05
-2.65077E-02 4.94745E-08 2.41251E-05 -8.89659E-02 2.26893E+02 -4.63339E-02
1.93111E-10 6.85191E-06 -7.33865E-08 -1.69628E-01 6.65689E-02 1.01434E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 4.99989E-05 -1.23305E-04 -1.25313E-04 -1.17787E-08 2.79905E-09
0.00000E+00 1.74069E-06 1.11146E+00 -1.13912E-03 3.89767E-06 -3.30097E-09
0.00000E+00 -1.25313E-04 -1.13912E-03 3.23083E-04 -1.23921E-03 2.20682E-09
0.00000E+00 -1.17787E-08 3.89767E-06 -1.00934E-02 3.08297E+01 -1.25368E-02
0.00000E+00 2.79905E-09 -3.30097E-09 -1.87887E-05 1.43359E-02 1.00232E-03

Frequency 0.3000 Period 20.9440

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 4.61118E-01 -7.24509E-04 -9.83458E-01 1.65576E-07 1.37257E-05
0.00000E+00 -3.55509E-04 6.41268E+00 -6.54608E-03 8.93657E-05 -2.13338E-07
0.00000E+00 -9.83458E-01 -6.54608E-03 3.77053E+00 -3.65677E-03 3.200366E-05
-2.65077E-02 1.65576E-07 8.93657E-05 -7.36923E-02 1.82669E+02 -3.00808E-02
1.93111E-10 1.37257E-05 -2.13338E-07 -1.72529E-01 4.77909E-02 1.02954E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 3.79562E-04 -1.75861E-04 -9.44273E-04 -4.19179E-08 8.78611E-09
0.00000E+00 5.40108E-06 1.55950E+00 -1.58704E-03 4.52866E-06 -5.42145E-08
0.00000E+00 -9.44273E-04 -1.58704E-03 2.42576E-03 -1.79635E-03 -1.18473E-08
0.00000E+00 -4.19179E-08 4.52866E-06 -1.38913E-02 4.34093E+01 -1.82269E-02
0.00000E+00 8.78611E-09 -5.42145E-08 -1.77653E-04 2.07413E-02 7.60800E-03

Frequency 0.4000 Period 15.7080

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 4.71852E-01 -6.15859E-04 -1.00706E+00 -7.84037E-08 1.21571E-05
0.00000E+00 -3.55484E-04 5.32425E+00 -5.39973E-03 -1.27041E-05 -1.02098E-07
0.00000E+00 -1.00706E+00 -5.39973E-03 3.82490E+00 -2.58048E-03 4.62133E-05
-2.65077E-02 -7.84037E-08 -1.27041E-05 -6.32058E-02 1.52464E+02 -1.92334E-02
1.93111E-10 1.21571E-05 -1.02098E-07 -1.76806E-01 3.53137E-02 1.05192E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 1.59139E-03 -2.23151E-04 -3.93691E-03 6.38728E-08 5.87252E-08
0.00000E+00 1.15887E-05 1.92919E+00 -1.94343E-03 -8.16160E-06 -6.25629E-08
0.00000E+00 -3.93691E-03 -1.94343E-03 1.00600E-02 -2.32620E-03 9.49739E-08
0.00000E+00 6.38728E-08 -8.16160E-06 -1.67141E-02 5.39067E+01 -2.36912E-02
0.00000E+00 5.87252E-08 -6.25629E-08 -7.53428E-04 2.67939E-02 3.18851E-02

Frequency 0.5000 Period 12.5664

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10

0.00000E+00 4.86060E-01 -5.39912E-04 -1.03803E+00 1.79913E-08 1.44061E-05
0.00000E+00 -3.58463E-04 4.53263E+00 -4.56137E-03 8.81819E-06 2.90289E-07
0.00000E+00 -1.03803E+00 -4.56137E-03 3.89558E+00 -1.79818E-03 5.72248E-05
-2.65077E-02 1.79913E-08 8.81819E-06 -5.55713E-02 1.30401E+02 -1.13046E-02
1.93111E-10 1.44061E-05 2.90289E-07 -1.82310E-01 2.62844E-02 1.08158E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 4.81922E-03 -2.67072E-04 -1.18407E-02 -8.18359E-08 3.99029E-08
0.00000E+00 2.01224E-05 2.22678E+00 -2.21235E-03 -3.93225E-05 1.51028E-07
0.00000E+00 -1.18407E-02 -2.21235E-03 3.00457E-02 -2.84615E-03 1.08999E-07
0.00000E+00 -8.18359E-08 -3.93225E-05 -1.85866E-02 6.24746E+01 -5.05952E-02
0.00000E+00 3.99029E-08 1.51028E-07 -2.24515E-03 3.26954E-02 9.65366E-02

Frequency 0.6000 Period 10.4720

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 5.03314E-01 -4.84376E-04 -1.07506E+00 5.27971E-08 4.23977E-06
0.00000E+00 -3.64529E-04 3.93540E+00 -3.92694E-03 8.69318E-06 -2.94366E-08
0.00000E+00 -1.07506E+00 -3.92694E-03 3.97862E+00 -1.18751E-03 2.55446E-05
-2.65077E-02 5.27971E-08 8.69318E-06 -4.98744E-02 1.13673E+02 -5.05952E-03
1.93111E-10 4.23977E-06 -2.94366E-08 -1.88842E-01 1.92941E-02 1.11773E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 1.18520E-02 -3.09720E-04 -2.88783E-02 -1.28005E-07 2.08263E-08
0.00000E+00 3.03643E-05 2.46062E+00 -2.39993E-03 1.43289E-05 -3.28700E-08
0.00000E+00 -2.88783E-02 -2.39993E-03 7.26651E-02 -3.37035E-03 -2.29266E-07
0.00000E+00 -1.28005E-07 1.43289E-05 -1.95720E-02 6.93285E+01 -3.45831E-02
0.00000E+00 2.08263E-08 -3.28700E-08 -5.43291E-03 3.86188E-02 2.37387E-01

Frequency 0.7000 Period 8.9760

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 5.22533E-01 -4.41801E-04 -1.11523E+00 1.25143E-07 3.23370E-06
0.00000E+00 -3.73382E-04 3.47411E+00 -3.43876E-03 -5.78682E-06 -4.87173E-08
0.00000E+00 -1.11523E+00 -3.43876E-03 4.06614E+00 -6.77831E-04 2.64948E-05
-2.65077E-02 1.25143E-07 -5.78682E-06 -4.55954E-02 1.00685E+02 2.13566E-04
1.93111E-10 3.23370E-06 -4.87173E-08 -1.95814E-01 1.35148E-02 1.15832E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 2.51517E-02 -3.53262E-04 -6.06903E-02 1.59998E-08 1.44628E-07
0.00000E+00 4.11151E-05 2.63896E+00 -2.51264E-03 -2.16771E-06 -5.59454E-08
0.00000E+00 -6.06903E-02 -2.51264E-03 1.51226E-01 -3.90825E-03 -1.56512E-06
0.00000E+00 1.59998E-08 -2.16771E-06 -1.97544E-02 7.46831E+01 -4.02259E-02
0.00000E+00 1.44628E-07 -5.59454E-08 -1.13228E-02 4.46897E-02 5.03888E-01

Frequency 0.8000 Period 7.8540

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 5.41824E-01 -4.06801E-04 -1.15379E+00 -5.79327E-09 7.78156E-06
0.00000E+00 -3.84193E-04 3.11202E+00 -3.06158E-03 7.95928E-06 8.53822E-08
0.00000E+00 -1.15379E+00 -3.06158E-03 4.14593E+00 -2.23828E-04 2.71611E-05
-2.65077E-02 -5.79327E-09 7.95928E-06 -4.24030E-02 9.04300E+01 4.96137E-03
1.93111E-10 7.78156E-06 8.53822E-08 -2.02302E-01 8.41532E-03 1.19973E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 4.76640E-02 -3.99413E-04 -1.13747E-01 9.67321E-08 -8.50398E-07
0.00000E+00 5.06617E-05 2.76918E+00 -2.55669E-03 3.48619E-05 1.65085E-07
0.00000E+00 -1.13747E-01 -2.55669E-03 2.80306E-01 -4.46016E-03 -1.15227E-06
0.00000E+00 9.67321E-08 3.48619E-05 -1.92372E-02 7.87368E+01 -4.59939E-02
0.00000E+00 -8.50398E-07 1.65085E-07 -2.10206E-02 5.09355E-02 9.55808E-01

Frequency 0.9000 Period 6.9813

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 5.58460E-01 -3.75259E-04 -1.18419E+00 9.06713E-08 1.63380E-05
0.00000E+00 -3.95577E-04 2.82458E+00 -2.77280E-03 4.64650E-05 -3.16319E-08
0.00000E+00 -1.18419E+00 -2.77280E-03 4.20211E+00 2.01598E-04 4.67867E-05

-2.65077E-02 9.06713E-08 4.64650E-05 -4.00612E-02 8.22362E+01 9.42931E-03
1.93111E-10 1.63380E-05 -3.16319E-08 -2.07128E-01 3.66188E-03 1.23669E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 8.23052E-02 -4.49073E-04 -1.94015E-01 1.17115E-07 9.55059E-07
0.00000E+00 5.70469E-05 2.85758E+00 -2.53886E-03 3.74407E-05 -2.95452E-08
0.00000E+00 -1.94015E-01 -2.53886E-03 4.72274E-01 -5.01554E-03 -2.88369E-07
0.00000E+00 1.17115E-07 3.74407E-05 -1.81449E-02 8.16575E+01 -5.17570E-02
0.00000E+00 9.55059E-07 -2.95452E-08 -3.54944E-02 5.72672E-02 1.65380E+00

Frequency 1.0000 Period 6.2832

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 5.69161E-01 -3.44330E-04 -1.19901E+00 4.46035E-08 1.57046E-05
0.00000E+00 -4.05568E-04 2.59477E+00 -2.55686E-03 1.71932E-05 6.10376E-09
0.00000E+00 -1.19901E+00 -2.55686E-03 4.21751E+00 6.06759E-01 -2.88369E-05
-2.65077E-02 4.46035E-08 1.71932E-05 -3.83714E-02 7.56333E+01 1.36760E-02
1.93111E-10 1.57046E-05 6.10376E-09 -2.09092E-01 -8.75278E-04 1.26280E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 1.31098E-01 -5.02070E-04 -3.04900E-01 1.18795E-07 -1.67041E-06
0.00000E+00 5.83537E-05 2.90944E+00 -2.46770E-03 8.00942E-06 3.31407E-08
0.00000E+00 -3.04900E-01 -2.46770E-03 7.32349E-01 -5.55366E-03 4.11192E-06
0.00000E+00 1.18795E-07 8.00942E-06 -1.66246E-02 8.35887E+01 -5.72669E-02
0.00000E+00 -1.67041E-06 3.31407E-08 -5.52168E-02 6.34727E-02 2.64362E+00

Frequency 1.1000 Period 5.7120

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 5.70761E-01 -3.12328E-04 -1.19156E+00 -4.63416E-08 1.06974E-05
0.00000E+00 -4.11892E-04 2.41044E+00 -2.40082E-03 1.15415E-07 -8.18825E-09
0.00000E+00 -1.19156E+00 -2.40082E-03 4.17792E+00 9.86540E-04 3.86783E-05
-2.65077E-02 -4.63416E-08 1.15415E-07 -3.71419E-02 7.02869E+01 1.76049E-02
1.93111E-10 1.06974E-05 -8.18825E-09 -2.07033E-01 -5.16007E-03 1.27162E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 1.94165E-01 -5.56810E-04 -4.45065E-01 -1.19573E-07 -1.73574E-06
0.00000E+00 5.34482E-05 2.92926E+00 -2.35323E-03 -2.92624E-05 1.16674E-09
0.00000E+00 -4.45065E-01 -2.35323E-03 1.05382E+00 -6.04777E-03 -7.90358E-06
0.00000E+00 -1.19573E-07 -2.92624E-05 -1.48245E-02 8.46516E+01 -6.22376E-02
0.00000E+00 -1.73574E-06 1.16674E-09 -7.97834E-02 6.92636E-02 3.93630E+00

Frequency 1.2000 Period 5.2360

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 5.61123E-01 -2.79071E-04 -1.15800E+00 -5.03930E-08 3.94493E-07
0.00000E+00 -4.12432E-04 2.26269E+00 -2.29317E-03 -1.83739E-05 1.03808E-07
0.00000E+00 -1.15800E+00 -2.29317E-03 4.07686E+00 1.32163E-03 1.66068E-05
-2.65077E-02 -5.03930E-08 -1.83739E-05 -3.61901E-02 6.59497E+01 2.09897E-02
1.93111E-10 3.94493E-07 1.03808E-07 -2.00453E-01 -9.00921E-03 1.25844E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 2.69074E-01 -6.10740E-04 -6.07277E-01 -3.74282E-08 -1.07402E-06
0.00000E+00 4.27407E-05 2.92090E+00 -2.20721E-03 4.67386E-06 8.65228E-08
0.00000E+00 -6.07277E-01 -2.20721E-03 1.41625E+00 -6.47601E-03 -6.63125E-07
0.00000E+00 -3.74282E-08 4.67386E-06 -1.28676E-02 8.49500E+01 -6.64520E-02
0.00000E+00 -1.07402E-06 8.65228E-08 -1.07767E-01 7.43863E-02 5.49459E+00

Frequency 1.3000 Period 4.8332

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 5.39884E-01 -2.45585E-04 -1.09882E+00 1.02789E-07 1.29577E-05
0.00000E+00 -4.05822E-04 2.14487E+00 -2.22220E-03 -2.49504E-05 -1.01923E-07
0.00000E+00 -1.09882E+00 -2.22220E-03 3.91851E+00 1.58808E-03 1.10346E-05
-2.65077E-02 1.02789E-07 -2.49504E-05 -3.53448E-02 6.24369E+01 2.35600E-02
1.93111E-10 1.29577E-05 -1.01923E-07 -1.89570E-01 -1.21726E-02 1.22167E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 3.51044E-01 -6.61129E-04 -7.79361E-01 7.42963E-08 5.49377E-07
0.00000E+00 2.82472E-05 2.88774E+00 -2.04054E-03 5.18871E-05 -2.30414E-08
0.00000E+00 -7.79361E-01 -2.04054E-03 1.78883E+00 -6.83172E-03 5.10844E-06
0.00000E+00 7.42963E-08 5.18871E-05 -1.08181E-02 8.45743E+01 -6.98763E-02
0.00000E+00 5.49377E-07 -2.30414E-08 -1.37022E-01 7.87352E-02 7.23320E+00

Frequency 1.4000 Period 4.4880

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 5.08593E-01 -2.13657E-04 -1.01882E+00 -3.25785E-09 6.81710E-06
0.00000E+00 -3.91871E-04 2.05187E+00 -2.17696E-03 -2.34218E-05 -4.53724E-08
0.00000E+00 -1.01882E+00 -2.17696E-03 3.71679E+00 1.76612E-03 4.13891E-05
-2.65077E-02 -3.25785E-09 -2.34218E-05 -3.44719E-02 5.96068E+01 2.51181E-02
1.93111E-10 6.81710E-06 -4.53724E-08 -1.75325E-01 -1.44244E-02 1.16348E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 4.34089E-01 -7.05999E-04 -9.47193E-01 -1.30193E-07 2.88556E-06
0.00000E+00 1.34607E-05 2.83288E+00 -1.86157E-03 2.28629E-05 1.18810E-07
0.00000E+00 -9.47193E-01 -1.86157E-03 2.13818E+00 -7.13000E-03 -5.48000E-05
0.00000E+00 -1.30193E-07 2.28629E-05 -8.66078E-03 8.36027E+01 -7.27101E-02
0.00000E+00 2.88556E-06 1.18810E-07 -1.65142E-01 8.24367E-02 9.03764E+00

Frequency 1.5000 Period 4.1888

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 4.70157E-01 -1.85026E-04 -9.25518E-01 2.73422E-08 -6.46074E-07
0.00000E+00 -3.71385E-04 1.97970E+00 -2.14808E-03 1.29871E-05 -4.18564E-08
0.00000E+00 -9.25518E-01 -2.14808E-03 3.49105E+00 1.84683E-03 -1.66238E-05
-2.65077E-02 2.73422E-08 1.29871E-05 -3.34865E-02 5.73486E+01 2.55797E-02
1.93111E-10 -6.46074E-07 -4.18564E-08 -1.59137E-01 -1.56527E-02 1.08882E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 5.12553E-01 -7.44711E-04 -1.09830E+00 -8.51577E-08 5.54318E-06
0.00000E+00 2.54566E-06 2.75918E+00 -1.67516E-03 2.34035E-05 2.55632E-07
0.00000E+00 -1.09830E+00 -1.67516E-03 2.43673E+00 -7.40532E-03 -6.61707E-06
0.00000E+00 -8.51577E-08 2.34035E-05 -6.32025E-03 8.21106E+01 -7.53771E-02
0.00000E+00 5.54318E-06 2.55632E-07 -1.89965E-01 8.58264E-02 1.07921E+01

Frequency 1.6000 Period 3.9270

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 4.27923E-01 -1.60914E-04 -8.26975E-01 3.59680E-08 7.27657E-06
0.00000E+00 -3.45877E-04 1.92513E+00 -2.12876E-03 -1.75947E-05 1.14833E-07
0.00000E+00 -8.26975E-01 -2.12876E-03 3.26064E+00 1.83308E-03 3.38152E-05
-2.65077E-02 3.59680E-08 -1.75947E-05 -3.23513E-02 5.55733E+01 2.49962E-02
1.93111E-10 7.27657E-06 1.14833E-07 -1.42315E-01 -1.58674E-02 1.00398E+01

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 5.82283E-01 -7.78142E-04 -1.22428E+00 7.93714E-09 -7.61942E-06
0.00000E+00 -4.81903E-07 2.66935E+00 -1.48298E-03 1.63260E-05 6.56349E-08
0.00000E+00 -1.22428E+00 -1.48298E-03 2.66791E+00 -7.70662E-03 -6.71827E-05
0.00000E+00 7.93714E-09 1.63260E-05 -3.68139E-03 8.01662E+01 -7.84400E-02
0.00000E+00 -7.61942E-06 6.56349E-08 -2.10300E-01 8.94035E-02 1.24036E+01

Frequency 1.7000 Period 3.6960

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 3.84907E-01 -1.41817E-04 -7.29993E-01 1.73041E-09 1.76993E-06
0.00000E+00 -3.17001E-04 1.88548E+00 -2.11436E-03 -2.05355E-05 1.37424E-07
0.00000E+00 -7.29993E-01 -2.11436E-03 3.04098E+00 1.73608E-03 -6.84403E-07
-2.65077E-02 1.73041E-09 -2.05355E-05 -3.10557E-02 5.42093E+01 2.35071E-02
1.93111E-10 1.76993E-06 1.37424E-07 -1.26139E-01 -1.51765E-02 9.15105E+00

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 6.41018E-01 -8.08173E-04 -1.32140E+00 -6.14858E-08 -1.26915E-05
0.00000E+00 7.75601E-06 2.56599E+00 -1.28433E-03 7.37808E-06 1.73177E-07

0.00000E+00 -1.32140E+00 -1.28433E-03 2.82647E+00 -8.08592E-03 -4.89771E-05
0.00000E+00 -6.14858E-08 7.37808E-06 -6.22678E-04 7.78332E+01 -8.24765E-02
0.00000E+00 -1.26915E-05 1.73177E-07 -2.25613E-01 9.37186E-02 1.38131E+01

Frequency 1.8000 Period 3.4907

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 3.43356E-01 -1.27628E-04 -6.39345E-01 1.59276E-08 1.99546E-06
0.00000E+00 -2.86197E-04 1.85852E+00 -2.10207E-03 1.29609E-05 3.23686E-08
0.00000E+00 -6.39345E-01 -2.10207E-03 2.84211E+00 1.57129E-03 -2.82490E-05
-2.65077E-02 1.59276E-08 1.29609E-05 -2.96002E-02 5.31960E+01 2.12916E-02
1.93111E-10 1.99546E-06 3.23686E-08 -1.11294E-01 -1.37354E-02 8.27004E+00

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 6.88166E-01 -8.37104E-04 -1.38973E+00 9.25790E-08 -1.00615E-05
0.00000E+00 2.99070E-05 2.45156E+00 -1.07766E-03 1.56568E-05 -3.54802E-08
0.00000E+00 -1.38973E+00 -1.07766E-03 2.91601E+00 -8.59221E-03 -7.72243E-05
0.00000E+00 9.25790E-08 1.56568E-05 2.96411E-03 7.51740E+01 -8.80449E-02
0.00000E+00 -1.00615E-05 -3.54802E-08 -2.36064E-01 9.92926E-02 1.49951E+01

Frequency 1.9000 Period 3.3069

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 3.04691E-01 -1.17838E-04 -5.57768E-01 2.50789E-08 -4.76400E-06
0.00000E+00 -2.54478E-04 1.84226E+00 -2.09001E-03 -4.40288E-06 -2.39803E-08
0.00000E+00 -5.57768E-01 -2.09001E-03 2.66900E+00 1.35408E-03 -5.10308E-06
-2.65077E-02 2.50789E-08 -4.40288E-06 -2.79752E-02 5.24803E+01 1.85221E-02
1.93111E-10 -4.76400E-06 2.39803E-08 -9.81861E-02 -1.17003E-02 7.43103E+00

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 7.24266E-01 -8.67301E-04 -1.43176E+00 2.84455E-07 -1.13780E-05
0.00000E+00 6.82059E-05 2.32838E+00 -8.61554E-04 6.88916E-06 -2.01708E-07
0.00000E+00 -1.43176E+00 -8.61554E-04 2.94514E+00 -9.27052E-03 -6.38875E-05
0.00000E+00 2.84455E-07 6.88916E-06 7.17045E-03 7.22443E+01 -9.56329E-02
0.00000E+00 -1.13780E-05 -2.01708E-07 -2.42237E-01 1.06620E-01 1.59493E+01

Frequency 2.0000 Period 3.1416

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 2.69635E-01 -1.11787E-04 -4.86377E-01 -1.21400E-08 4.00608E-06
0.00000E+00 -2.22330E-04 1.83495E+00 -2.07692E-03 -1.42551E-05 -2.10122E-08
0.00000E+00 -4.86377E-01 -2.07692E-03 2.52294E+00 1.09551E-03 1.23884E-05
-2.65077E-02 -1.21400E-08 -1.42551E-05 -2.61502E-02 5.20183E+01 1.53229E-02
1.93111E-10 4.00608E-06 -2.10122E-08 -8.69492E-02 -9.19474E-03 6.65398E+00

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 7.50463E-01 -9.00994E-04 -1.45113E+00 -7.98699E-08 -7.21045E-06
0.00000E+00 1.24783E-04 2.19857E+00 -6.35242E-04 9.35745E-06 7.04614E-08
0.00000E+00 -1.45113E+00 -6.35242E-04 2.92448E+00 -1.01655E-02 -1.31877E-04
0.00000E+00 -7.98699E-08 9.35745E-06 1.20795E-02 6.90986E+01 -1.05722E-01
0.00000E+00 -7.21045E-06 7.04614E-08 -2.44905E-01 1.16170E-01 1.66908E+01

Frequency 2.0944 Period 3.0000

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 2.40075E-01 -1.08921E-04 -4.28371E-01 7.27120E-09 -4.36328E-06
0.00000E+00 -1.91561E-04 1.83484E+00 -2.06220E-03 -1.36969E-05 3.77036E-08
0.00000E+00 -4.28371E-01 -2.06220E-03 2.40885E+00 8.18918E-04 1.18687E-05
-2.65077E-02 7.27120E-09 -1.36969E-05 -2.41859E-02 5.17779E+01 1.19673E-02
1.93111E-10 -4.36328E-06 3.77036E-08 -7.81076E-02 -6.46188E-03 5.98637E+00

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 7.67331E-01 -9.37625E-04 -1.45212E+00 -6.96893E-10 -1.93294E-05
0.00000E+00 1.97442E-04 2.07166E+00 -4.11667E-04 -1.82434E-05 -7.31082E-08
0.00000E+00 -1.45212E+00 -4.11667E-04 2.86882E+00 -1.12486E-02 -1.39050E-04
0.00000E+00 -6.96893E-10 -1.82434E-05 1.74433E-02 6.59744E+01 -1.17997E-01
0.00000E+00 -1.93294E-05 -7.31082E-08 -2.44796E-01 1.27652E-01 1.72163E+01

Frequency 2.9778 Period 2.1100

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 9.42199E-02 6.30753E-05 -1.94860E-01 7.72823E-07 4.04350E-07
0.00000E+00 1.17316E-02 7.37076E-01 -2.84660E-04 3.86785E-06 -1.35769E-08
0.00000E+00 -1.94860E-01 -2.84660E-04 2.03595E+00 -1.15635E-01 -3.01280E-06
-2.65077E-02 7.72823E-07 3.86785E-06 7.71702E-01 4.40842E+01 -1.25307E+00
1.93111E-10 4.04350E-07 -1.35769E-08 -5.88704E-02 1.16866E+00 2.44838E+00

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 7.16909E-01 -3.22713E-04 -1.06373E+00 -4.47905E-06 -7.38966E-07
0.00000E+00 1.33271E-02 9.32851E-01 -8.90062E-05 3.49237E-06 6.11464E-08
0.00000E+00 -1.06373E+00 -8.90062E-05 1.69757E+00 -1.35274E-01 -1.08780E-05
0.00000E+00 -4.47905E-06 3.49237E-06 -5.63256E-01 2.85336E+01 -1.54889E+00
0.00000E+00 -7.38966E-07 6.11464E-08 -2.16567E-01 1.38018E+00 1.71664E+01

Frequency 6.2832 Period 1.0000

Added Mass

2.67484E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 -2.65077E-02 1.93111E-10
0.00000E+00 9.34006E-02 7.93763E-05 -3.23413E-01 2.13037E-08 6.08731E-07
0.00000E+00 -4.90427E-04 2.58158E+00 -4.49944E-03 7.87853E-06 -8.35310E-09
0.00000E+00 -3.23413E-01 -4.49944E-03 2.49737E+00 5.64680E-03 -4.22559E-06
-2.65077E-02 2.13037E-08 7.87853E-06 -8.06658E-02 7.06059E+01 6.69039E-02
1.93111E-10 6.08731E-07 -8.35310E-09 -1.03178E-01 -5.71535E-02 1.91627E+00

Damping

0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00
0.00000E+00 2.54645E-01 -3.82679E-04 -1.83354E-01 -5.71836E-08 -6.99237E-07
0.00000E+00 -1.27985E-04 5.93552E-02 2.44571E-04 7.60044E-07 1.02410E-07
0.00000E+00 -1.83354E-01 2.44571E-04 3.19752E-01 -2.52410E-03 6.05822E-07
0.00000E+00 -5.71836E-08 7.60044E-07 2.58664E-03 3.33663E+00 -2.00479E-02
0.00000E+00 -6.99237E-07 1.02410E-07 -1.00242E+00 3.69194E-02 6.52105E+00

Page 5 Licensee - Bentley Select licensee Energi Laut.txt
 Rev 07.10.01.11

 *** MOSES ***

 September 28, 2017

 ENERGI LAUT

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR HULL +++

Pressure Name = HULL Heading = 0.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
Frequency	Period	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	1	-88	0	0	1199	1	0	0	11991	-178	0	0
0.2000	31.42	5	-87	0	0	1168	4	0	0	11683	-175	0	0
0.3000	20.94	11	-84	0	0	1130	8	0	0	11301	-169	0	0
0.4000	15.71	20	-80	0	0	1087	14	0	0	10883	-162	0	0
0.5000	12.57	31	-74	0	0	1040	22	0	0	10443	-152	0	0
0.6000	10.47	44	-68	0	0	991	31	0	0	9986	-141	0	0
0.7000	8.98	59	-60	0	0	937	42	0	0	9505	-128	0	0
0.8000	7.85	75	-51	0	0	877	54	0	0	8989	-113	0	0
0.9000	6.98	91	-41	0	0	810	67	0	0	8427	-97	0	0
1.0000	6.28	106	-30	0	0	734	81	0	0	7805	-79	0	0
1.1000	5.71	119	-18	0	0	649	97	0	0	7115	-59	0	0
1.2000	5.24	128	-4	0	0	554	114	0	0	6354	-38	1	106
1.3000	4.83	132	10	0	0	452	132	0	0	5529	-14	1	122
1.4000	4.49	130	25	0	0	345	151	0	0	4660	11	1	140
1.5000	4.19	120	43	0	0	238	172	0	0	3700	41	1	160
1.6000	3.93	102	61	0	0	137	-165	0	0	2936	74	0	0
1.7000	3.70	77	80	0	0	47	-139	0	0	2189	113	0	0
1.8000	3.49	45	101	0	0	26	52	0	0	1611	159	0	0
1.9000	3.31	10	124	0	0	75	83	0	0	1265	-145	0	0
2.0000	3.14	25	-34	0	0	99	112	0	0	1131	-86	0	0
2.0944	3.08	54	-11	0	0	99	141	0	0	1095	-33	0	0
2.9778	2.11	49	73	1	116	75	-33	3	-29	1361	157	7	114
6.2832	1.00	1	57	0	0	49	-37	0	0	617	175	0	0

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR HULL +++
 =====

Pressure Name = HULL Heading = 45.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
Frequency Period		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.		Wave Ampl.	
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	1	-89	1	-89	1	-89	1	90	1	90	1	-88
0.2000	31.42	4	-87	5	-87	1168	3	19	92	11683	-175	52	-87
0.3000	20.94	8	-85	12	-85	1130	7	42	94	11302	-171	117	-84
0.4000	15.71	14	-82	21	-83	1088	12	74	96	10887	-165	207	-81
0.5000	12.57	22	-79	32	-79	1044	18	115	100	10458	-158	322	-77
0.6000	10.47	32	-74	46	-75	998	26	162	104	10021	-149	460	-71
0.7000	8.98	42	-69	62	-70	950	34	216	109	9578	-139	619	-65
0.8000	7.85	54	-62	79	-65	900	44	274	115	9125	-127	792	-58
0.9000	6.98	67	-55	96	-58	847	54	332	121	8654	-114	973	-50
1.0000	6.28	80	-47	114	-52	789	66	386	127	8159	-100	1152	-42
1.1000	5.71	93	-39	129	-44	727	79	433	135	7633	-85	1317	-32
1.2000	5.24	104	-29	141	-35	659	92	467	144	7070	-68	1455	-21
1.3000	4.83	114	-19	149	-26	586	107	484	153	6470	-50	1555	-8
1.4000	4.49	122	-7	152	-15	508	123	483	164	5835	-30	1612	5
1.5000	4.19	126	4	149	-3	427	140	463	176	5172	-8	1622	20
1.6000	3.93	126	17	141	9	344	158	425	-170	4496	14	1586	38
1.7000	3.70	121	30	128	24	261	178	371	-155	3826	40	1507	57
1.8000	3.49	111	45	110	40	183	-159	304	-140	3185	68	1392	79
1.9000	3.31	96	60	88	57	111	-132	229	-123	2600	100	1247	103
2.0000	3.14	76	77	64	75	52	-94	150	-105	2098	135	1082	130
2.0944	3.00	53	93	48	93	25	-2	77	-87	1721	173	919	159
2.9778	2.11	50	100	18	138	67	62	15	-6	1616	-112	384	-168
6.2832	1.00	2	113	4	17	8	1	8	-152	228	114	50	60

+++ PANEL WAVE FREQUENCY FORCES FOR HULL +++

Pressure Name = HULL Heading = 90.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

Frequency -(Rad/Sec)-	ENCOUNTER		Surge Force /		Sway Force /		Heave Force /		Roll Moment /		Pitch Moment /		Yaw Moment /	
	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase	Wave Ampl.	Phase
0.1000	0.0	0	0.0	0	2	-89	1199	0	7	90	11991	-179	18	-89
0.2000	31.42	0	0.0	0	7	-89	1168	1	27	90	11683	-178	74	-89
0.3000	20.94	0	0.0	0	17	-89	1130	3	59	90	11302	-176	166	-89
0.4000	15.71	0	0.0	0	29	-89	1089	5	105	90	10890	-174	293	-89
0.5000	12.57	0	0.0	0	46	-89	1047	8	163	90	10468	-171	457	-89
0.6000	10.47	0	0.0	0	65	-90	1005	11	231	89	10048	-168	654	-90
0.7000	8.98	0	0.0	0	88	-90	964	14	310	89	9638	-165	882	-90
0.8000	7.85	0	0.0	0	114	-91	924	18	396	88	9239	-161	1136	-91
0.9000	6.98	0	0.0	0	141	-92	885	22	486	87	8852	-157	1408	-92
1.0000	6.28	0	0.0	0	169	-93	848	26	577	86	8477	-153	1687	-93
1.1000	5.71	0	0.0	0	196	-94	811	31	663	85	8114	-148	1958	-94
1.2000	5.24	0	0.0	0	221	-95	776	36	748	85	7761	-143	2210	-95
1.3000	4.83	0	0.0	0	243	-95	742	41	804	84	7417	-138	2428	-95
1.4000	4.49	0	0.0	0	261	-95	708	46	853	84	7083	-133	2606	-95
1.5000	4.19	0	0.0	0	274	-94	676	52	886	85	6756	-127	2740	-94
1.6000	3.93	0	0.0	0	283	-93	644	57	905	86	6438	-122	2833	-93
1.7000	3.70	0	0.0	0	289	-91	613	64	911	88	6126	-115	2889	-91
1.8000	3.49	0	0.0	0	291	-88	582	70	906	91	5822	-109	2914	-88
1.9000	3.31	0	0.0	0	291	-84	553	77	894	95	5526	-102	2914	-84
2.0000	3.14	0	0.0	0	289	-80	524	84	875	99	5236	-95	2895	-80
2.0544	3.00	0	0.0	0	286	-75	497	91	854	104	4969	-88	2864	-75
2.9778	2.11	0	0.0	0	230	-4	124	144	582	173	1238	-35	2297	-4
6.2832	1.00	0	0.0	0	72	-150	38	-5	144	32	383	174	719	-150

+---+ P A N E L W A V E F R E Q U E N C Y F O R C E S F O R H U L L +---+

Pressure Name = HULL Heading = 135.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge Force /	Sway Force /	Heave Force /	Roll Moment /	Pitch Moment /	Yaw Moment /
Frequency Period	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.
-(Rad/Sec)-	Ampl. Phase	Ampl. Phase	Ampl. Phase	Ampl. Phase	Ampl. Phase	Ampl. Phase	Ampl. Phase
0.1000	1 90	1 90	1199 0	5 90	11991 180	13 89	
0.2000	4 88	5 -91	1168 0	19 88	11682 179	52 -91	
0.3000	8 86	12 -93	1130 0	42 86	11300 178	117 -94	
0.4000	14 83	21 -96	1088 0	74 83	10881 177	207 -97	
0.5000	22 80	32 -100	1044 -2	115 79	10445 174	322 -102	
0.6000	32 75	46 -105	998 -3	162 74	9997 171	460 -108	
0.7000	42 70	62 -110	950 -5	216 69	9538 167	619 -115	
0.8000	54 63	79 -117	900 -8	274 62	9064 163	793 -124	
0.9000	67 56	96 -125	847 -12	332 54	8569 157	975 -133	
1.0000	80 48	114 -134	789 -16	386 45	8045 150	1156 -144	
1.1000	93 40	129 -144	727 -20	433 35	7487 143	1324 -156	
1.2000	104 30	141 -154	659 -26	467 25	6891 134	1466 -169	
1.3000	114 20	149 -165	586 -32	484 14	6256 124	1572 176	
1.4000	122 8	152 -177	508 -38	483 2	5586 113	1635 162	
1.5000	126 -3	149 170	427 -45	463 -9	4889 101	1649 146	
1.6000	126 -16	141 158	344 -52	425 -21	4178 87	1616 130	
1.7000	121 -29	128 145	261 -60	371 -34	3474 72	1539 113	
1.8000	111 -44	110 132	183 -66	304 -47	2798 55	1423 94	
1.9000	96 -59	88 119	111 -70	229 -61	2175 36	1275 74	
2.0000	76 -76	64 105	52 -64	150 -75	1633 14	1106 52	
2.0944	53 -92	40 91	25 -4	77 -89	1218 -10	937 28	
2.9778	50 -99	18 126	67 50	15 -18	303 78	329 57	
6.2832	2 -112	4 -2	8 -18	8 -172	222 -128	54 -42	

*Page 10 Licensee - Bentley Select Licensee
 Energi Laut.txt
 Rev 07.10.01.13

 *** MOSES ***

 *
 * ENERGI LAUT
 *
 * September 28, 2017
 *
 *

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR HULL +++

 Drift Name = HULL Heading = 0.00 Computed
 Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified
 Mean Drift Force (With No Force Factor) / (Wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER	Frequency	Period	TRANSLATION			ROTATION		
			Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832		-0.0	0.0	7.8	-0.0	-77.7	0.0
0.2000	31.416		-0.1	0.0	5.6	-0.0	-56.3	0.0
0.3000	20.944		-0.3	0.0	2.3	-0.0	-23.1	0.0
0.4000	15.708		-0.8	0.0	-2.1	-0.0	20.8	0.0
0.5000	12.566		-1.8	0.0	-7.4	-0.0	73.8	0.0
0.6000	10.472		-3.2	0.0	-13.6	-0.0	134.8	0.1
0.7000	8.976		-5.3	0.0	-20.3	-0.0	202.0	0.1
0.8000	7.854		-8.1	0.0	-27.6	-0.0	273.9	0.1
0.9000	6.981		-11.5	0.0	-35.1	-0.0	348.8	0.1
1.0000	6.283		-15.5	0.0	-42.9	-0.0	425.0	0.2
1.1000	5.712		-19.9	0.0	-50.6	-0.0	500.9	0.2
1.2000	5.236		-24.6	0.0	-58.1	-0.0	574.8	0.2
1.3000	4.833		-29.4	0.0	-65.3	-0.0	645.3	0.3
1.4000	4.488		-34.2	0.0	-72.0	-0.0	711.2	0.3
1.5000	4.189		-38.8	0.0	-78.2	-0.0	771.3	0.3
1.6000	3.927		-43.0	0.0	-83.7	-0.0	824.8	0.3
1.7000	3.696		-46.6	0.0	-88.5	-0.0	871.0	0.3
1.8000	3.491		-49.7	0.0	-92.5	-0.0	909.4	0.3

```

*Page 11 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11
*****
1.0000 3.307 -52.0 Energi Laut.txt 0.0 -95.7 -0.1 939.9 0.4
2.0000 3.142 -53.6 0.0 -98.1 -0.1 962.3 0.4
2.0944 3.000 -54.5 0.0 -99.6 -0.1 976.3 0.4
2.9778 2.110 -33.7 -4.2 -76.7 5.6 750.3 -40.9
6.2832 1.000 -8.8 0.0 -16.6 -0.0 156.1 0.1
*****
*** MOSES ***
*****
ENERGI LAUT
*****
September 28, 2017
*****

```

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR HULL +++

Drift Name = HULL Heading = 45.00 Computed
Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified
Mean Drift Force (With No Force Factor) / (Wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER	Frequency	Period	TRANSLATION			ROTATION		
			Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832		-0.0	-0.0	7.8	0.0	-77.7	-0.3
0.2000	31.416		-0.0	-0.1	5.6	0.1	-56.3	-1.5
0.3000	20.944		-0.1	-0.3	2.3	0.4	-23.0	-5.0
0.4000	15.708		-0.4	-0.9	-2.1	1.2	20.9	-12.6
0.5000	12.566		-0.9	-2.1	-7.4	2.8	74.0	-26.6
0.6000	10.472		-1.7	-4.1	-13.5	5.6	134.9	-49.7
0.7000	8.976		-2.8	-7.4	-20.3	10.0	201.9	-84.8
0.8000	7.854		-4.4	-12.1	-27.4	16.3	273.4	-134.8
0.9000	6.981		-6.3	-18.5	-34.9	25.0	347.5	-202.0
1.0000	6.283		-8.7	-26.7	-42.5	36.1	422.5	-287.4
1.1000	5.712		-11.5	-36.7	-50.0	49.5	496.9	-389.9
1.2000	5.236		-14.6	-48.0	-57.3	64.8	569.0	-506.0
1.3000	4.833		-17.9	-60.1	-64.3	81.2	637.6	-630.5

```

*Page 12 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11
*****
*
* *** MOSES ***
*
* ENERGI LAUT
*
*****
Energi Laut.txt
1.4000 4.488 -21.4 -72.5 -70.9 98.0 781.7 -757.5
1.5000 4.189 -24.9 -84.6 -76.9 114.4 760.2 -881.5
1.6000 3.927 -28.3 -95.9 -82.3 129.8 812.6 -998.7
1.7000 3.696 -31.5 -106.4 -87.0 144.0 858.2 -1106.7
1.8000 3.491 -34.4 -115.9 -91.1 156.9 896.4 -1204.3
1.9000 3.307 -36.9 -124.2 -94.3 168.2 927.2 -1298.8
2.0000 3.142 -39.0 -131.5 -96.8 178.1 950.4 -1366.1
2.0944 3.000 -40.6 -137.3 -98.5 186.1 965.5 -1426.7
2.9778 2.110 -23.5 -46.2 -88.3 65.2 867.4 -585.0
6.2032 1.000 -19.0 -122.4 -15.7 166.9 136.5 -1304.6
*****

```

September 28, 2017

*** MEAN DRIFT FORCES FOR HULL ***

Drift Name = HULL Heading = 90.00 Computed
Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00
Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified
Mean Drift Force (With No Force Factor) / (Wave Amplitude)**2

Reported in the Body System

ENCOUNTER	TRANSLATION			ROTATION				
	Frequency	Period	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832		-0.0	-0.0	7.8	0.0	-77.7	-0.1
0.2000	31.416		-0.0	-0.1	5.6	0.1	-56.3	-0.9
0.3000	20.944		-0.0	-0.4	2.3	0.6	-23.0	-4.2
0.4000	15.708		-0.0	-1.3	-2.1	1.7	20.9	-12.8
0.5000	12.566		-0.0	-3.0	-7.4	4.0	74.1	-29.9
0.6000	10.472		-0.0	-6.0	-13.5	8.1	135.0	-59.7
0.7000	8.976		0.0	-10.7	-20.2	14.4	201.9	-106.6
0.8000	7.854		-0.0	-17.5	-27.3	23.6	273.1	-174.9

```

0.9000 6.981 -0.0 -0.0 -26.8 -34.7 36.2 346.8 -268.1
1.0000 6.283 -0.0 -0.0 -38.7 -42.1 52.3 421.2 -386.9
1.1000 5.712 0.0 0.0 -52.9 -49.5 71.4 494.8 -528.5
1.2000 5.236 -0.0 -0.0 -68.6 -56.6 92.8 566.3 -686.3
1.3000 4.833 0.0 0.0 -85.1 -63.5 115.0 634.6 -850.6
1.4000 4.488 -0.0 -0.0 -101.1 -69.9 136.7 698.9 -1011.1
1.5000 4.189 -0.0 -0.0 -115.9 -75.8 156.8 758.5 -1159.4
1.6000 3.927 -0.0 -0.0 -129.0 -81.2 174.6 812.4 -1290.3
1.7000 3.696 -0.0 -0.0 -140.2 -86.0 189.8 860.1 -1401.9
1.8000 3.491 -0.0 -0.0 -149.5 -90.1 202.4 901.0 -1494.7
1.9000 3.307 -0.0 -0.0 -157.1 -93.4 212.8 934.4 -1570.7
2.0000 3.142 -0.0 -0.0 -163.3 -96.0 221.3 960.1 -1632.5
2.0944 3.000 -0.0 -0.0 -168.0 -97.7 227.8 977.3 -1680.2
2.9778 2.110 -0.0 -0.0 -161.3 -86.2 219.6 861.7 -1612.5
6.2832 1.000 -0.0 -0.0 -179.2 -11.4 243.9 113.6 -1791.8

```

Page 13 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11

```

*****
*** MOSES ***
*****
ENERGI LAUT
*****

```

September 28, 2017

+++ MEAN DRIFT FORCES FOR HULL +++

```

Drift Name = HULL Heading = 135.00 Computed
Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00
Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified
Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)**2

```

Reported in the Body System

ENCOUNTER	TRANSLATION			ROTATION		
	Surge	Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
Frequency						
Period						
0.1000	0.0	-0.0	7.8	0.0	-77.7	0.2
0.2000	0.0	-0.1	5.6	0.1	-56.3	0.3
0.3000	0.1	-0.3	2.3	0.4	-23.0	-0.9

```

*Page 14 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.18.01.11
*****
*
* ENERGI LAUT
*
*****
0.4000 15.788 0.4 -0.9 -2.1 1.2 21.0 -5.2
0.5000 12.566 0.9 -2.1 -7.4 2.8 74.4 -15.1
0.6000 18.472 1.7 -4.1 -13.5 5.6 135.6 -33.3
0.7000 8.976 2.8 -7.4 -20.3 10.0 203.2 -62.8
0.8000 7.854 4.4 -12.1 -27.4 16.3 275.5 -106.9
0.9000 6.981 6.3 -18.5 -34.9 25.0 350.8 -168.0
1.0000 6.283 8.7 -26.7 -42.5 36.1 427.3 -247.2
1.1000 5.712 11.5 -36.7 -50.0 49.5 503.4 -343.4
1.2000 5.236 14.6 -48.0 -57.3 64.8 577.7 -453.3
1.3000 4.833 17.9 -64.3 -64.3 81.2 649.0 -571.5
1.4000 4.488 21.4 -72.5 -70.9 98.0 716.0 -692.1
1.5000 4.189 24.9 -84.6 -76.9 114.4 777.8 -809.6
1.6000 3.927 28.3 -95.9 -82.3 129.8 833.7 -920.2
1.7000 3.696 31.5 -106.4 -87.0 144.0 882.8 -1021.7
1.8000 3.491 34.4 -115.9 -91.1 156.9 924.7 -1112.9
1.9000 3.307 36.9 -124.2 -94.3 168.2 959.0 -1193.5
2.0000 3.142 39.0 -131.5 -96.8 178.1 985.7 -1263.2
2.0944 3.000 40.6 -137.3 -98.5 186.1 1003.9 -1319.2
2.9778 2.110 23.5 -46.2 -88.3 65.2 899.1 -338.7
6.2832 1.000 18.9 -122.4 -15.7 166.9 176.5 -1142.6
*****

```

```

*** MEAN DRIFT FORCES FOR HULL ***
*****
Drift Name = HULL Heading = 180.00 Computed
Force Factor = 1.0000 Radiation Factor = 1.0000 Coriolis Factor = 1.00
Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified
Mean Drift Force ( With No Force Factor ) / (Wave Amplitude)**2
Reported in the Body System
*****
ENCOUNTER /-----/ TRANSLATION /-----/ ROTATION /-----/

```

Frequency	Period	Surge	Energy Laut.txt Sway	Heave	Roll	Pitch	Yaw
0.1000	62.832	0.0	0.0	7.8	-0.0	-77.7	0.0
0.2000	31.416	0.0	0.0	5.6	-0.0	-56.3	0.0
0.3000	20.944	0.2	0.0	2.3	-0.0	-23.0	0.0
0.4000	15.708	0.7	0.0	-2.1	-0.0	21.1	0.0
0.5000	12.566	1.7	0.0	-7.4	-0.0	74.6	0.0
0.6000	10.472	3.2	0.0	-13.6	-0.0	136.2	0.1
0.7000	8.976	5.3	0.0	-20.3	-0.0	204.4	0.1
0.8000	7.854	8.1	0.0	-27.6	-0.0	277.6	0.1
0.9000	6.981	11.5	0.0	-35.1	-0.0	354.2	0.1
1.0000	6.283	15.5	0.0	-42.9	-0.0	432.4	0.2
1.1000	5.712	19.9	0.0	-50.6	-0.0	510.6	0.2
1.2000	5.236	24.6	0.0	-58.1	-0.0	587.2	0.2
1.3000	4.833	29.4	0.0	-65.3	-0.0	660.6	0.3
1.4000	4.488	34.2	0.0	-72.0	-0.0	729.6	0.3
1.5000	4.189	38.8	0.0	-78.2	-0.0	793.0	0.3
1.6000	3.927	43.0	0.0	-83.7	-0.0	849.8	0.3
1.7000	3.696	46.6	0.0	-88.5	-0.0	899.2	0.3
1.8000	3.491	49.7	0.0	-92.5	-0.0	940.8	0.4
1.9000	3.307	52.0	0.0	-95.7	-0.1	974.3	0.4
2.0000	3.142	53.6	0.0	-98.1	-0.1	999.5	0.4
2.0944	3.000	54.5	0.0	-99.6	-0.1	1015.9	0.5
2.9778	2.110	33.7	-4.2	-76.7	5.6	783.2	-43.2
6.2832	1.000	8.7	0.0	-16.6	-0.0	174.8	0.2

◆Page 20 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11

 *** MOSES ***

 ENERGI LAUT

◆ Draft = 1.3 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 2.8 Meters
 ◆ Roll Gy. Radius = 2.1 Meters Pitch Gy. Radius = 5.8 Meters Yaw Gy. Radius = 5.8 Meters
 ◆ Heading = 0.00 Deg. Forward Speed = 0.00 Knots Linearization Based on 1/ 20

September 28, 2017

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

Results are in Body System

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /	
Frequency	Period	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.
-(Rad/Sec)	-(Sec)	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase
0.1000	62.83	0.973	91	0.000	0	1.000	1	0.000	0	0.058	-88	0.000	0
0.2000	31.42	0.971	92	0.000	0	1.000	2	0.000	0	0.233	-87	0.000	0
0.3000	20.94	0.967	95	0.000	0	1.000	5	0.000	0	0.526	-84	0.000	0
0.4000	15.71	0.961	99	0.000	0	0.998	9	0.000	0	0.937	-80	0.000	0
0.5000	12.57	0.950	105	0.000	0	0.994	14	0.000	0	1.466	-75	0.000	0
0.6000	10.47	0.936	111	0.000	0	0.987	21	0.000	0	2.113	-68	0.000	0
0.7000	8.98	0.915	119	0.000	0	0.973	28	0.000	0	2.871	-61	0.000	0
0.8000	7.85	0.886	128	0.000	0	0.952	36	0.000	0	3.728	-53	0.000	0
0.9000	6.98	0.849	138	0.000	0	0.919	45	0.000	0	4.664	-44	0.000	0
1.0000	6.28	0.801	149	0.000	0	0.874	55	0.000	0	5.644	-34	0.000	0
1.1000	5.71	0.742	161	0.000	0	0.811	66	0.000	0	6.614	-24	0.000	0
1.2000	5.24	0.672	175	0.000	0	0.731	77	0.000	0	7.502	-13	0.000	0
1.3000	4.83	0.591	169	0.000	0	0.630	90	0.001	46	8.211	-1	0.000	0
1.4000	4.49	0.500	153	0.000	0	0.510	102	0.001	41	8.618	10	0.000	0
1.5000	4.19	0.402	136	0.000	0	0.373	115	0.001	33	8.589	22	0.000	0
1.6000	3.93	0.300	118	0.000	0	0.226	129	0.002	23	7.996	34	0.001	169
1.7000	3.70	0.199	98	0.000	0	0.081	144	0.002	14	6.781	47	0.000	0
1.8000	3.49	0.104	77	0.000	0	0.045	155	0.004	6	5.031	60	0.000	0
1.9000	3.31	0.020	52	0.000	0	0.129	166	0.005	-4	3.028	75	0.000	0
2.0000	3.14	0.048	145	0.000	0	0.161	177	0.006	-23	1.169	96	0.000	0
2.0944	3.00	0.093	168	0.000	0	0.146	17	0.004	17	0.230	-111	0.000	0
2.9778	2.11	0.042	106	0.000	0	0.089	171	0.150	-167	0.690	5	0.004	-43
6.2832	1.00	0.000	0	0.000	0	0.003	142	0.000	0	0.040	49	0.000	0

Page 21 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11

*** MOSES ***

September 28, 2017

ENERGI LAUT

 * Draft = 1.3 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 2.8 Meters *
 * Roll Gy. Radius = 2.1 Meters Pitch Gy. Radius = 5.8 Meters Yaw Gy. Radius = 5.8 Meters *
 * Heading = 45.00 Deg. Forward Speed = 0.00 Knots Linearization Based on 1/ 20 *

Energi Laut.txt

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

Results are in Body System

OF Point On Body HULL AT X = 10.0 Y = 0.0 Z = 1.0

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

E N C O U N T E R	Surge /		Sway /		Heave /		Roll /		Pitch /		Yaw /		
	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	
0.1000	62.83	0.688	90	0.701	90	1.000	0	0.041	90	0.041	-89	0.023	-179
0.2000	31.42	0.687	92	0.700	92	1.000	2	0.164	92	0.165	-87	0.091	-177
0.3000	20.94	0.684	94	0.697	94	1.000	4	0.370	94	0.372	-85	0.204	-175
0.4000	15.71	0.680	97	0.693	97	0.999	7	0.659	97	0.663	-82	0.359	-172
0.5000	12.57	0.675	100	0.688	100	0.997	10	1.032	100	1.038	-79	0.555	-169
0.6000	10.47	0.667	105	0.680	105	0.994	15	1.489	105	1.499	-74	0.786	-164
0.7000	8.98	0.657	110	0.669	110	0.987	20	2.028	110	2.045	-69	1.047	-159
0.8000	7.85	0.643	117	0.656	116	0.977	26	2.646	116	2.674	-64	1.331	-153
0.9000	6.98	0.626	124	0.639	123	0.962	32	3.337	123	3.380	-57	1.627	-146
1.0000	6.28	0.605	132	0.618	131	0.940	40	4.094	131	4.153	-50	1.924	-138
1.1000	5.71	0.578	140	0.592	140	0.909	47	4.904	139	4.978	-43	2.209	-129
1.2000	5.24	0.547	150	0.562	149	0.869	56	5.753	148	5.827	-35	2.467	-119
1.3000	4.83	0.511	160	0.526	159	0.817	65	6.623	158	6.661	-27	2.686	-108
1.4000	4.49	0.469	172	0.486	169	0.751	74	7.496	169	7.419	-18	2.855	-96
1.5000	4.19	0.422	175	0.440	179	0.669	83	8.348	179	8.014	-10	2.963	-83
1.6000	3.93	0.370	162	0.390	168	0.569	93	9.153	170	8.330	-2	3.004	-68
1.7000	3.70	0.315	148	0.331	158	0.452	102	9.775	161	8.239	5	2.971	-53
1.8000	3.49	0.258	134	0.264	149	0.322	113	10.029	156	7.653	14	2.863	-37
1.9000	3.31	0.200	118	0.184	144	0.193	126	9.411	156	6.596	24	2.679	-19
2.0000	3.14	0.142	102	0.093	136	0.085	152	6.711	163	5.232	35	2.422	-1
2.0944	3.00	0.091	85	0.041	97	0.037	126	2.420	162	3.879	50	2.120	16
2.9778	2.11	0.043	79	0.013	34	0.000	92	0.345	82	1.061	83	0.436	47
6.2832	1.00	0.000	0	0.001	-161	0.000	0	0.006	45	0.024	-86	0.011	-67

◆Page 22 Licensee - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11

*** MOSES ***

September 28, 2017 *

ENERGI LAUT

Energi Laut.txt

```

*
* Draft = 1.3 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 2.8 Meters *
* Roll Gy. Radius = 2.1 Meters Pitch Gy. Radius = 5.8 Meters Yaw Gy. Radius = 5.8 Meters *
* Heading = 90.00 Deg. Forward Speed = 0.00 Knots Linearization Based on 1/ 20 *
*
*****

```

+++ M O T I O N R E S P O N S E O P E R A T O R S +++

Results are in Body System

OF Point On Body HULL At X = 10.0 Y = 0.0 Z = 1.0

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /	Sway /	Heave /	Roll /	Pitch /	Yaw /
Frequency	Period	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl. Phase	Ampl. Phase	Ampl. Phase	Ampl. Phase	Ampl. Phase	Ampl. Phase
0.1000	62.83	0.000 0	0.992 90	1.000 0	0.058 90	0.000 0	0.000 0
0.2000	31.42	0.000 0	0.990 90	1.000 0	0.232 90	0.000 0	0.000 0
0.3000	20.94	0.000 0	0.986 90	1.000 0	0.523 90	0.000 0	0.000 0
0.4000	15.71	0.000 0	0.982 90	1.000 0	0.934 90	0.000 0	0.000 0
0.5000	12.57	0.000 0	0.975 90	1.000 0	1.405 90	0.000 0	0.000 0
0.6000	10.47	0.000 0	0.967 90	1.001 0	2.122 90	0.000 0	0.000 0
0.7000	8.98	0.000 0	0.958 90	1.001 0	2.910 90	0.000 0	0.000 0
0.8000	7.85	0.000 0	0.946 90	1.003 0	3.837 90	0.000 0	0.000 0
0.9000	6.98	0.000 0	0.933 90	1.005 0	4.914 89	0.000 0	0.000 0
1.0000	6.28	0.000 0	0.917 90	1.009 0	6.159 89	0.000 0	0.000 0
1.1000	5.71	0.000 0	0.900 90	1.014 0	7.599 89	0.000 0	0.000 0
1.2000	5.24	0.000 0	0.881 90	1.023 0	9.278 89	0.000 0	0.000 0
1.3000	4.83	0.000 0	0.860 89	1.033 0	11.243 87	0.000 0	0.000 0
1.4000	4.49	0.000 0	0.837 89	1.046 -2	13.587 85	0.000 0	0.000 0
1.5000	4.19	0.000 0	0.812 87	1.058 -4	16.429 82	0.000 0	0.000 0
1.6000	3.93	0.000 0	0.779 85	1.066 -7	19.887 78	0.000 0	0.000 0
1.7000	3.70	0.000 0	0.731 81	1.059 -11	23.942 70	0.000 0	0.000 0
1.8000	3.49	0.000 0	0.651 75	1.026 -16	28.144 59	0.000 0	0.000 0
1.9000	3.31	0.000 0	0.525 67	0.956 -23	31.366 45	0.000 0	0.000 0
2.0000	3.14	0.000 0	0.359 60	0.852 -28	32.324 29	0.000 0	0.000 0
2.0944	3.00	0.000 0	0.199 62	0.735 -33	30.603 13	0.000 0	0.000 0
2.9778	2.11	0.000 0	0.161 -164	0.147 -10	4.868 12	0.000 0	0.000 0

6.2832 1.00 0.000 0 0.012 31 0.002 174 0.098 -139 0.000 0 0.000 0
 Licensee - Bentley Select License Rev 07.10.01.11

 *** MOSES ***

 September 28, 2017

ENERGI LAUT

 * Draft = 1.3 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 2.8 Meters *
 * Roll Gy. Radius = 2.1 Meters Pitch Gy. Radius = 5.8 Meters Yaw Gy. Radius = 5.8 Meters *
 * Heading = 135.00 Deg. Forward Speed = 0.00 Knots Linearization Based on 1/20 *

+++ MOTION RESPONSE OPERATORS +++

Results are in Body System

OF Point On Body HULL AT X = 10.0 Y = 0.0 Z = 1.0

Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

E N C O U N T E R		Surge /	Sway /	Heave /	Roll /	Pitch /	Yaw /
Frequency	Period	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.	Wave Ampl.
-(Rad/Sec)-	-(Sec)-	Ampl. Phase	Ampl. Phase	Ampl. Phase	Ampl. Phase	Ampl. Phase	Ampl. Phase
0.1000	62.83	0.688 -90	0.701 90	1.000 0	0.041 90	0.041 90	0.023 0
0.2000	31.42	0.687 -91	0.700 88	1.000 -1	0.164 88	0.165 88	0.091 -1
0.3000	20.94	0.684 -93	0.697 86	1.000 -3	0.370 86	0.372 86	0.204 -3
0.4000	15.71	0.680 -96	0.693 83	0.999 -6	0.659 83	0.663 83	0.359 -6
0.5000	12.57	0.675 -99	0.688 80	0.997 -9	1.032 80	1.038 80	0.555 -9
0.6000	10.47	0.667 -104	0.680 75	0.994 -14	1.489 75	1.499 75	0.786 -14
0.7000	8.98	0.657 -109	0.669 70	0.987 -20	2.028 70	2.045 69	1.047 -19
0.8000	7.85	0.643 -116	0.656 64	0.977 -26	2.646 63	2.674 63	1.331 -26
0.9000	6.98	0.626 -123	0.639 57	0.962 -34	3.337 56	3.380 55	1.627 -33
1.0000	6.28	0.605 -131	0.618 49	0.940 -42	4.094 48	4.153 46	1.924 -40
1.1000	5.71	0.578 -139	0.592 40	0.909 -51	4.984 39	4.978 36	2.209 -49
1.2000	5.24	0.547 -149	0.562 30	0.869 -62	5.753 30	5.828 25	2.467 -58
1.3000	4.83	0.511 -159	0.526 19	0.817 -74	6.623 19	6.662 13	2.686 -67
1.4000	4.49	0.469 -171	0.485 8	0.751 -87	7.485 6	7.421 0	2.855 -78
1.5000	4.19	0.422 176	0.439 -5	0.669 -101	8.316 -7	8.017 -16	2.963 -88
1.6000	3.93	0.370 164	0.388 -19	0.569 -118	9.088 -22	8.334 -33	3.004 -100

1.7000 3.70 0.315 150 0.330 -37 0.452 -135 9.713 -41 8.244 -52 2.971 -112
 1.8000 3.49 0.258 135 0.264 -57 0.322 -154 10.029 -64 7.658 -73 2.863 -124
 1.9000 3.31 0.200 120 0.184 -82 0.193 -171 9.434 -94 6.601 -93 2.679 -137
 2.0000 3.14 0.142 104 0.095 -109 0.085 -177 7.050 -133 5.236 -114 2.422 -151
 2.0944 3.00 0.091 88 0.041 -99 0.037 -128 2.442 -164 3.882 -132 2.120 -165
 2.9778 2.11 0.043 80 0.013 -46 0.000 -104 0.345 -94 1.062 -108 0.436 -144
 6.2832 1.00 0.000 0 0.001 178 0.000 0 0.006 25 0.024 74 0.011 93
 *Page 24 License - Bentley Select Licensee Rev 07.10.01.11

 *** MOSES ***

ENERGI LAUT

 * Draft = 1.3 Meters Trim Angle = 0.00 Deg. GMT = 2.8 Meters *
 * Roll Gy. Radius = 2.1 Meters Pitch Gy. Radius = 5.8 Meters Yaw Gy. Radius = 5.8 Meters *
 * Heading = 180.00 Deg. Forward Speed = 0.00 Knots Linearization Based on 1/ 20 *

 *** M O T I O N R E S P O N S E O P E R A T O R S ***

 Results are in Body System

 Of Point On Body HULL At X = 10.0 Y = 0.0 Z = 1.0

 Process is DEFAULT: Units Are Degrees, Meters, and KN Unless Specified

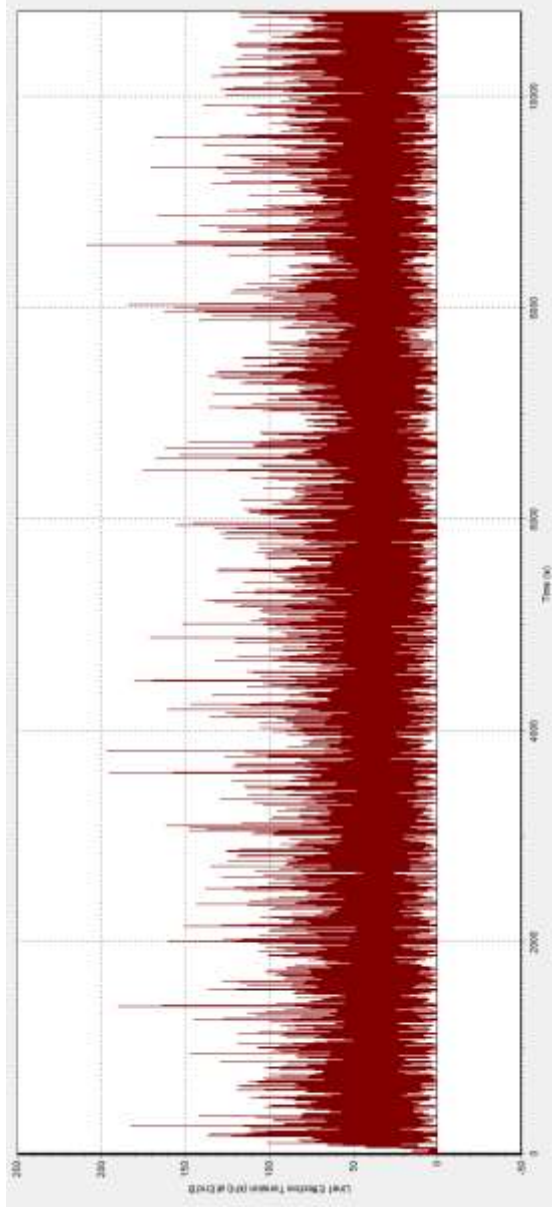
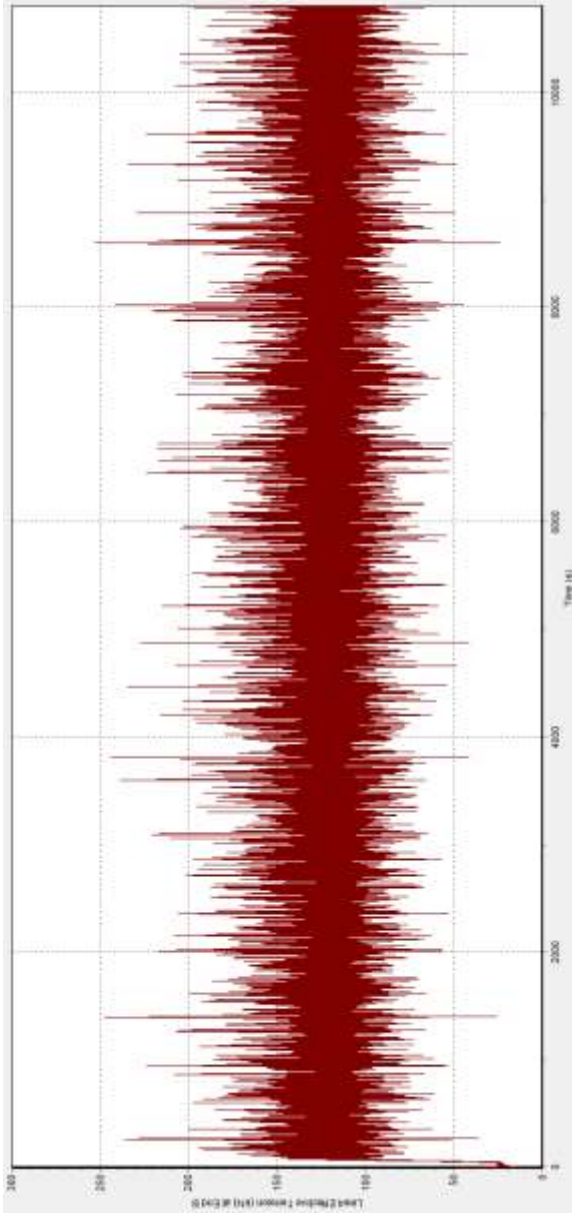
Frequency -(Rad/Sec)-	S W A Y		H e a v e		R o l l		P i t c h		Y a w				
	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase	Ampl.	Phase			
0.1000	62.83	0.973	-90	0.000	0	1.000	0	0.000	0	0.058	89	0.000	0
0.2000	31.42	0.971	-91	0.000	0	1.000	-1	0.000	0	0.233	88	0.000	0
0.3000	20.94	0.967	-94	0.000	0	1.000	-4	0.000	0	0.526	85	0.000	0
0.4000	15.71	0.961	-98	0.000	0	0.998	-8	0.000	0	0.937	81	0.000	0
0.5000	12.57	0.958	-104	0.000	0	0.994	-14	0.000	0	1.466	75	0.000	0
0.6000	10.47	0.936	-110	0.000	0	0.987	-20	0.000	0	2.113	68	0.000	0
0.7000	8.98	0.915	-118	0.000	0	0.973	-28	0.000	0	2.871	60	0.000	0
0.8000	7.85	0.886	-127	0.000	0	0.952	-38	0.000	0	3.729	51	0.000	0
0.9000	6.98	0.849	-137	0.000	0	0.919	-48	0.000	0	4.665	40	0.000	0
1.0000	6.28	0.801	-148	0.000	0	0.874	-61	0.000	0	5.644	28	0.000	0

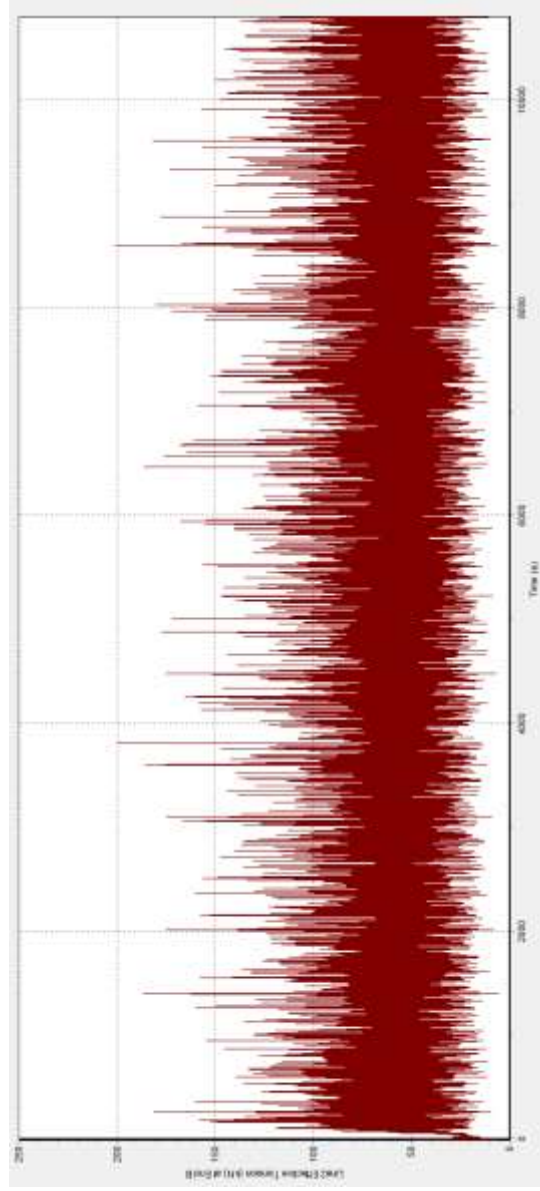
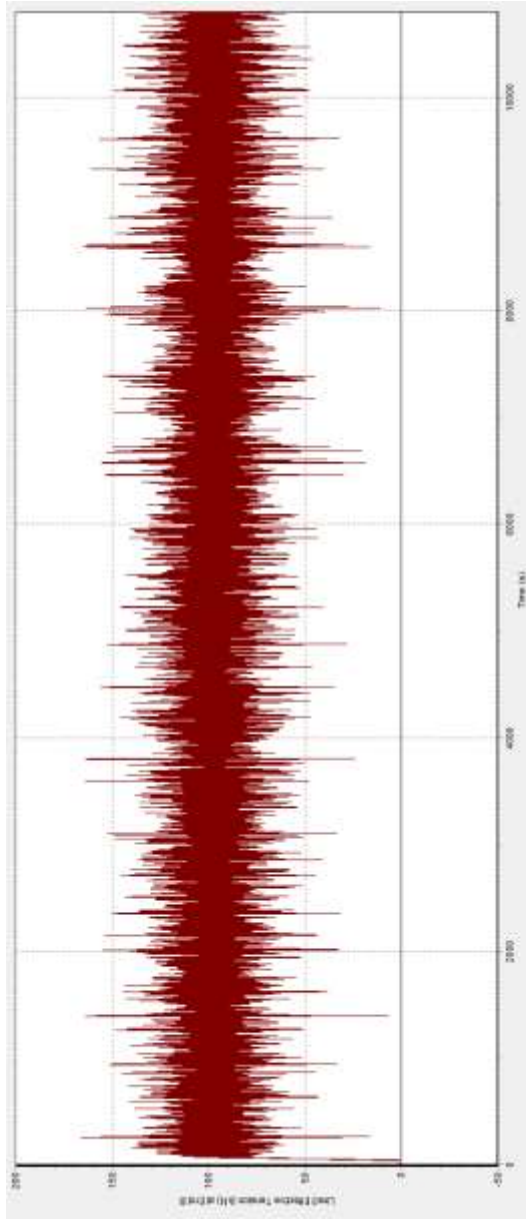
1.1000	5.71	0.742	-160	0.000	0	0.811	-74	0.000	0	6.615	14	0.000	0
1.2000	5.24	0.672	-174	0.000	0	0.731	-90	0.000	0	7.504	-1	0.000	0
1.3000	4.83	0.591	170	0.000	0	0.630	-107	0.001	-151	8.213	-18	0.000	0
1.4000	4.49	0.500	155	0.000	0	0.510	-126	0.001	172	8.621	-38	0.000	0
1.5000	4.19	0.402	138	0.000	0	0.373	-146	0.001	130	8.593	-60	0.000	0
1.6000	3.93	0.300	119	0.000	0	0.226	-169	0.002	84	8.000	-84	0.001	50
1.7000	3.70	0.199	100	0.000	0	0.081	167	0.002	36	6.785	-110	0.000	0
1.8000	3.49	0.104	80	0.000	0	0.045	-53	0.004	-12	5.034	-137	0.000	0
1.9000	3.31	0.020	59	0.000	0	0.129	-77	0.005	-66	3.029	-165	0.000	0
2.0000	3.14	0.048	-145	0.000	0	0.161	-107	0.006	-131	1.167	169	0.000	0
2.0944	3.00	0.093	-167	0.000	0	0.146	-134	0.004	170	0.232	-83	0.000	0
2.9778	2.11	0.042	108	0.000	0	0.089	-144	0.150	-122	0.693	-129	0.004	-179
6.2832	1.00	0.000	0	0.000	0	0.003	-146	0.000	0	0.040	-60	0.000	0

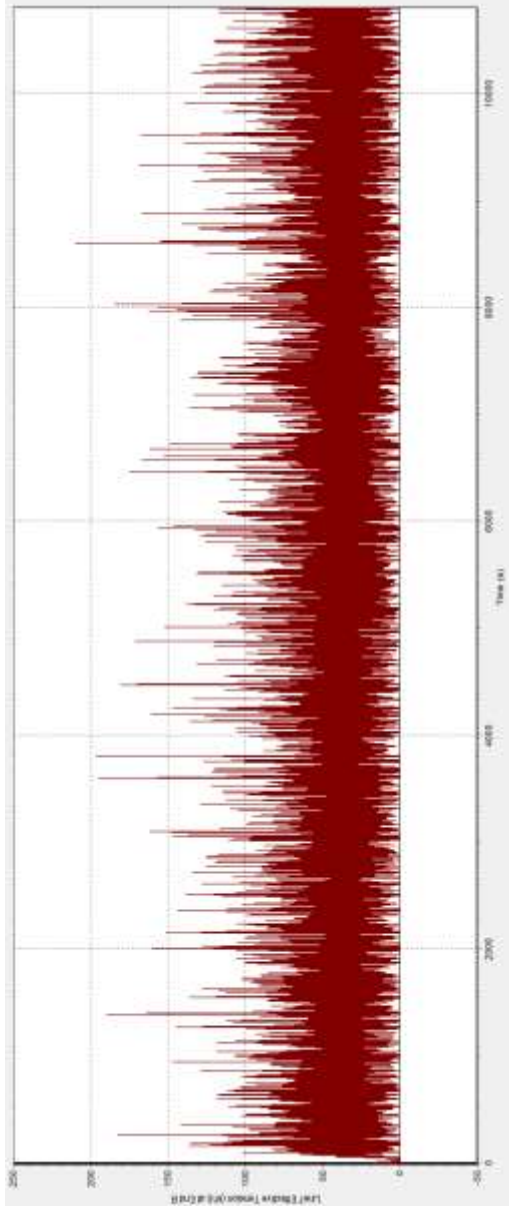
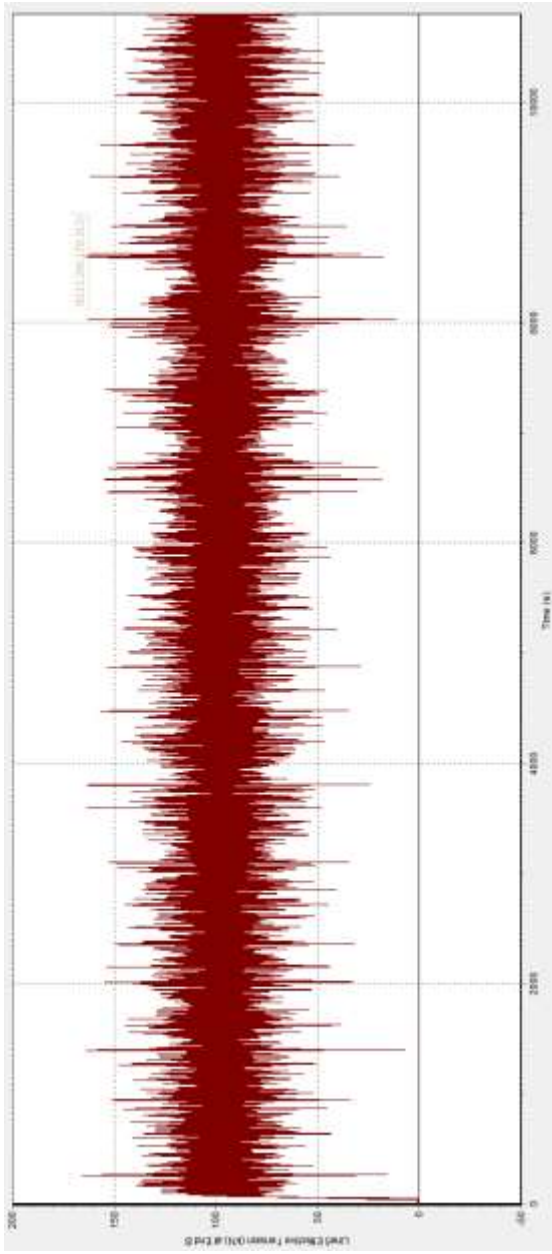
Energi Laut.txt

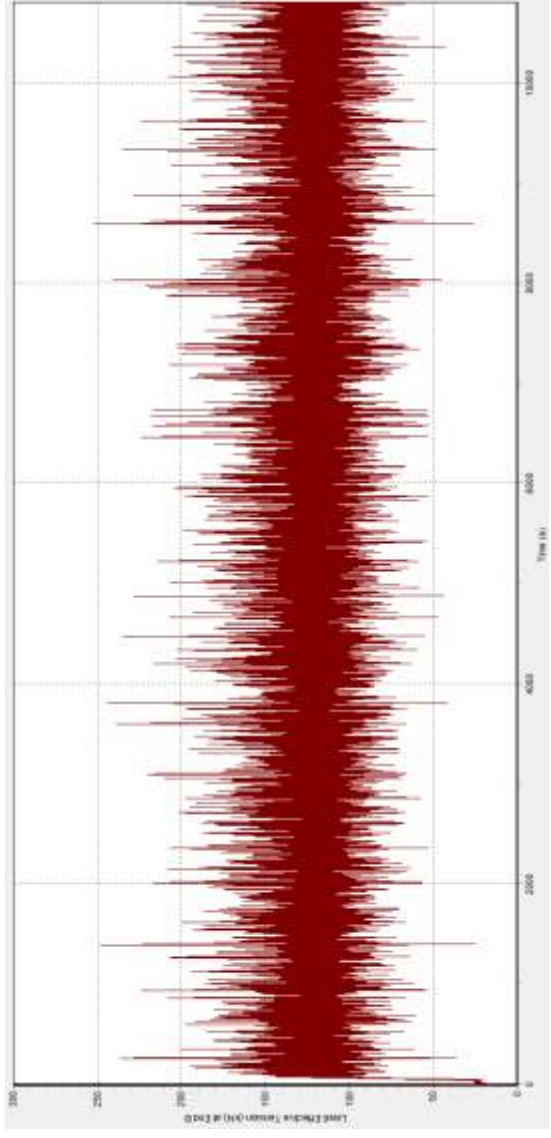
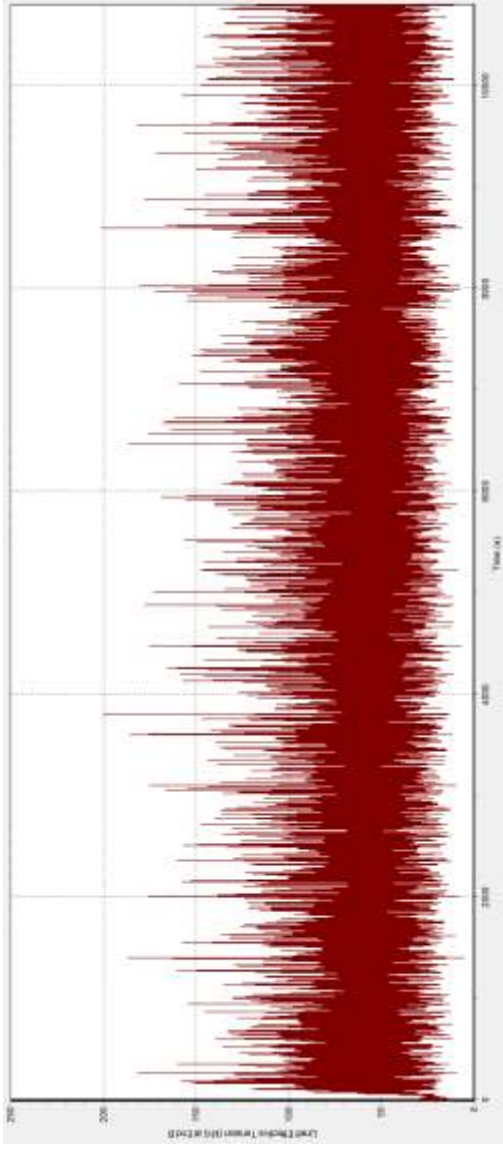
LAMPIRAN C

Arah heading 0° Collimier

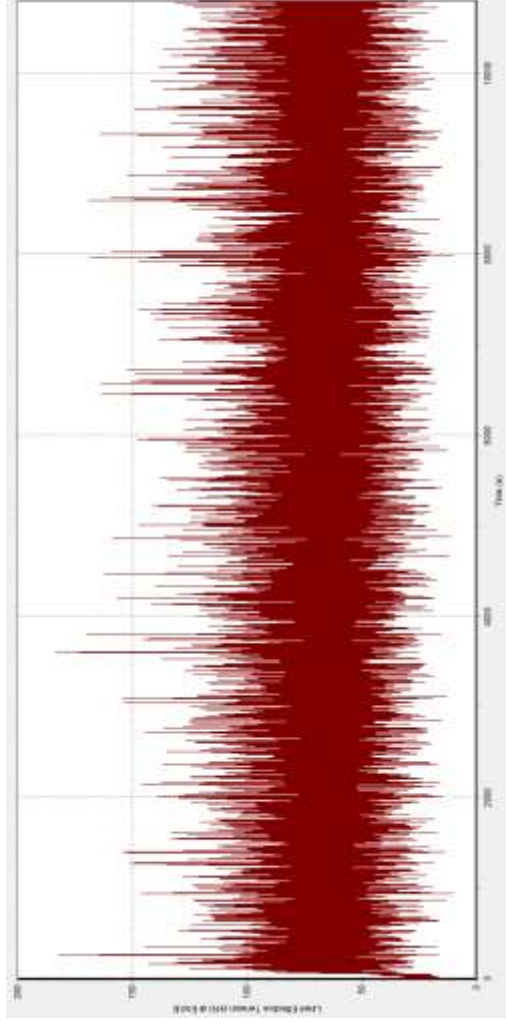
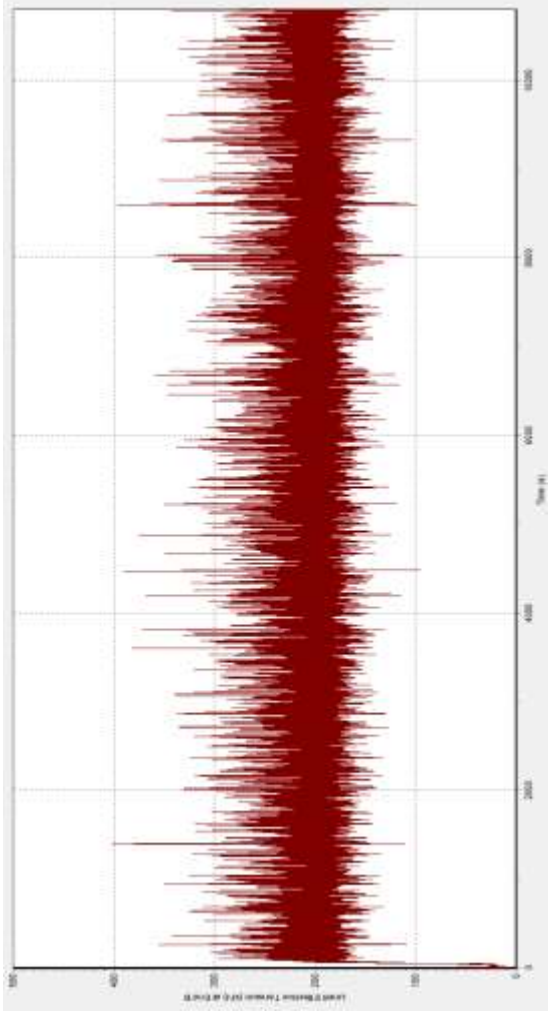


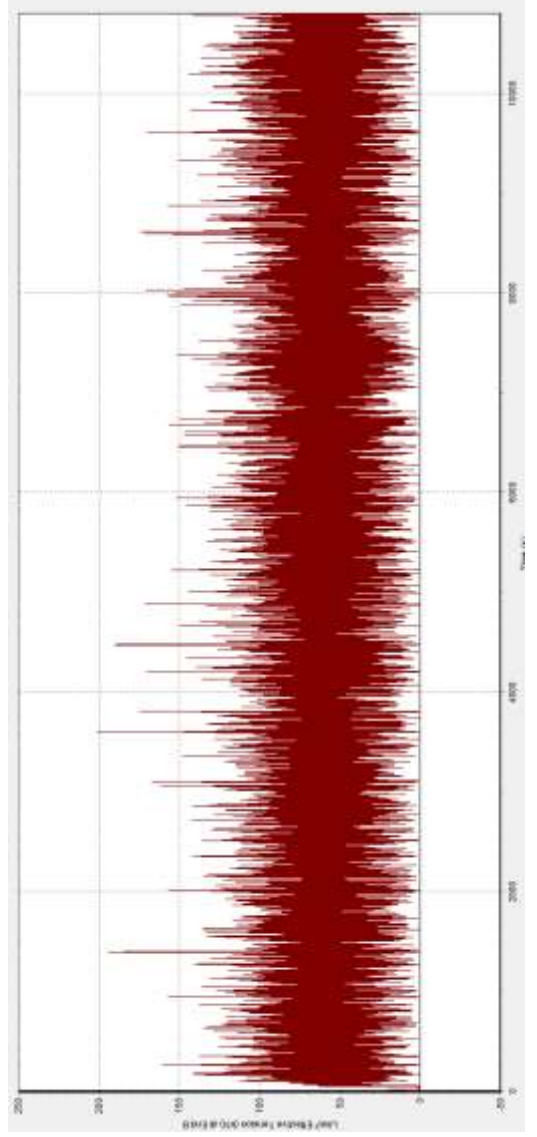
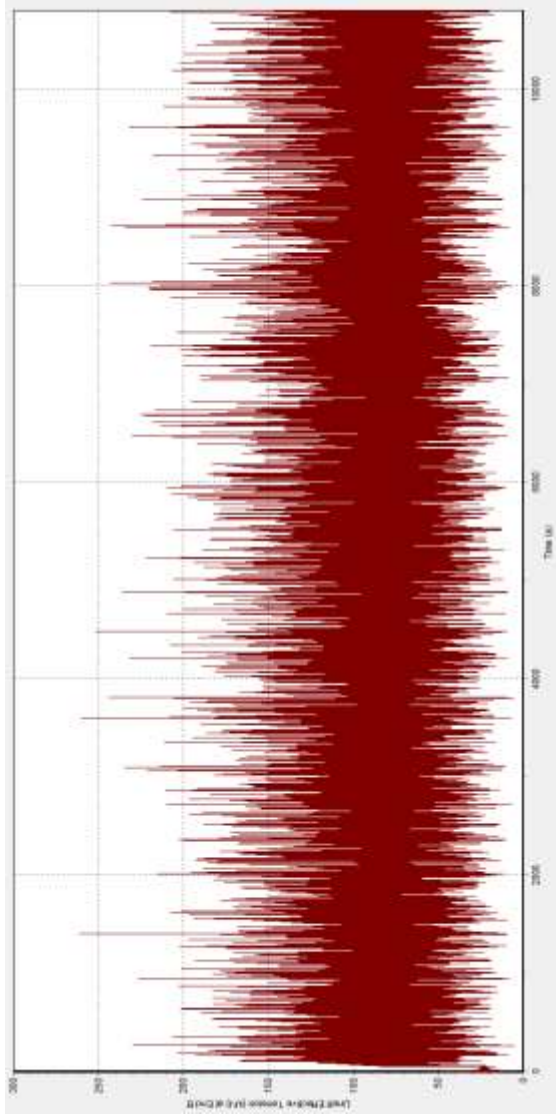


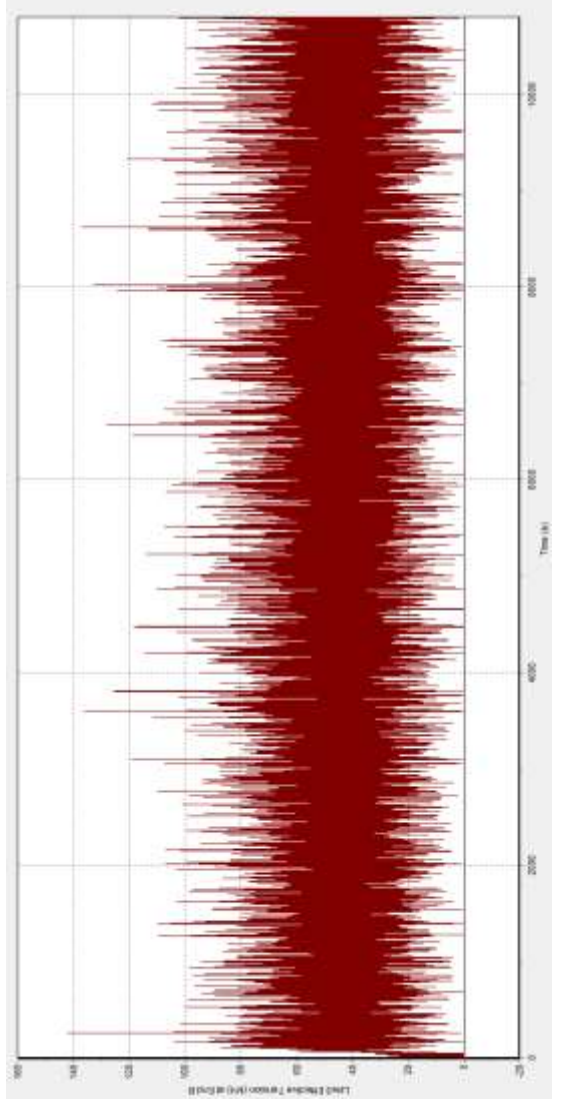
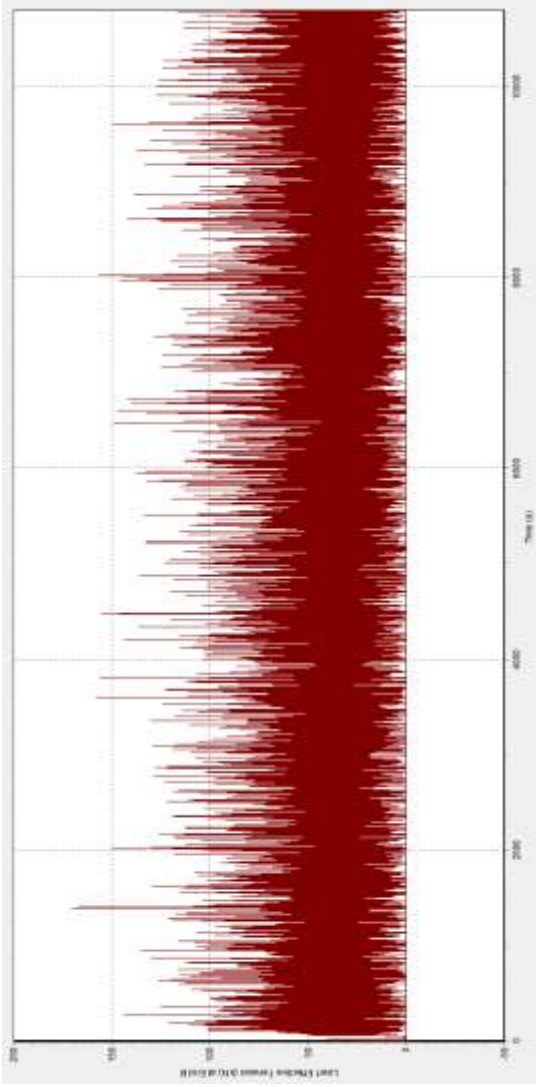


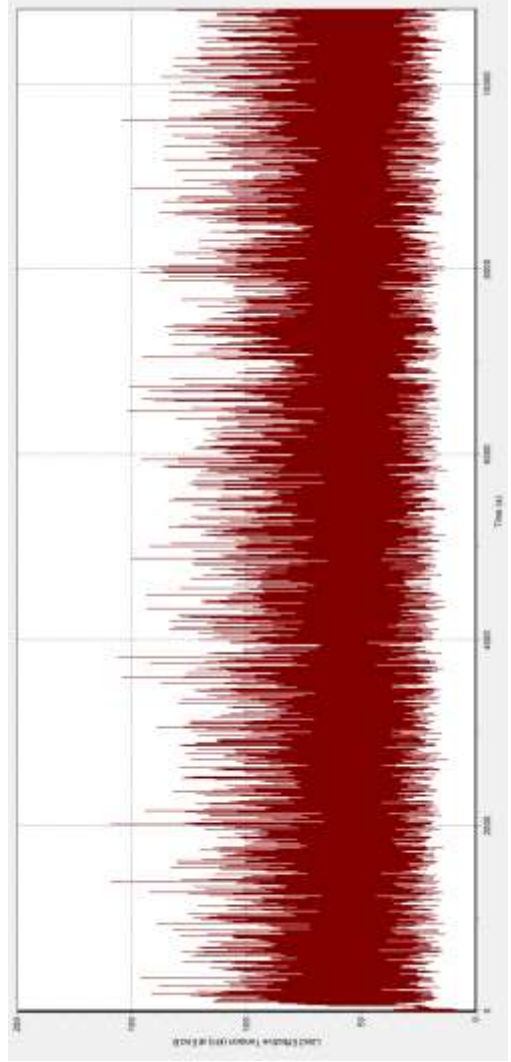
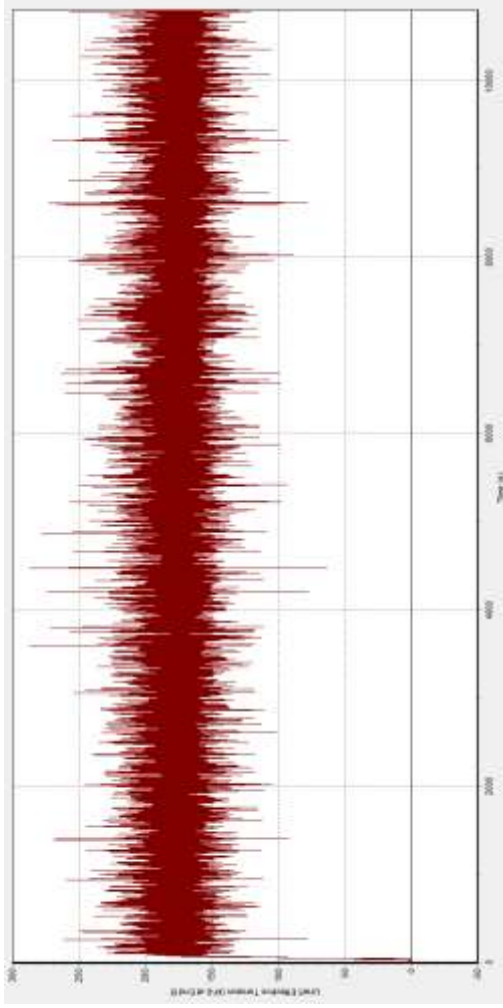


Arah heading 45° Collimier

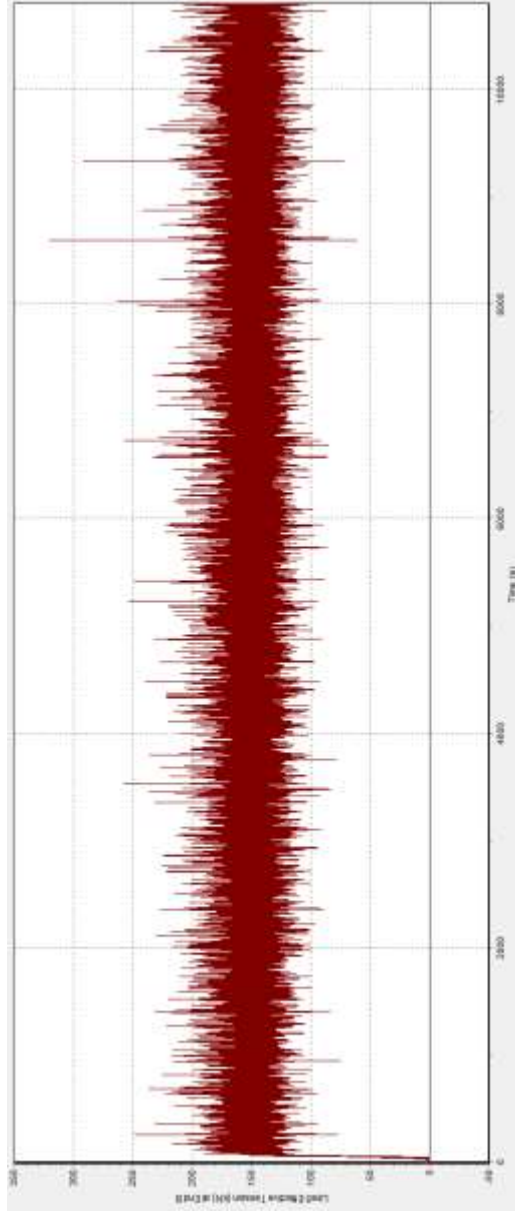
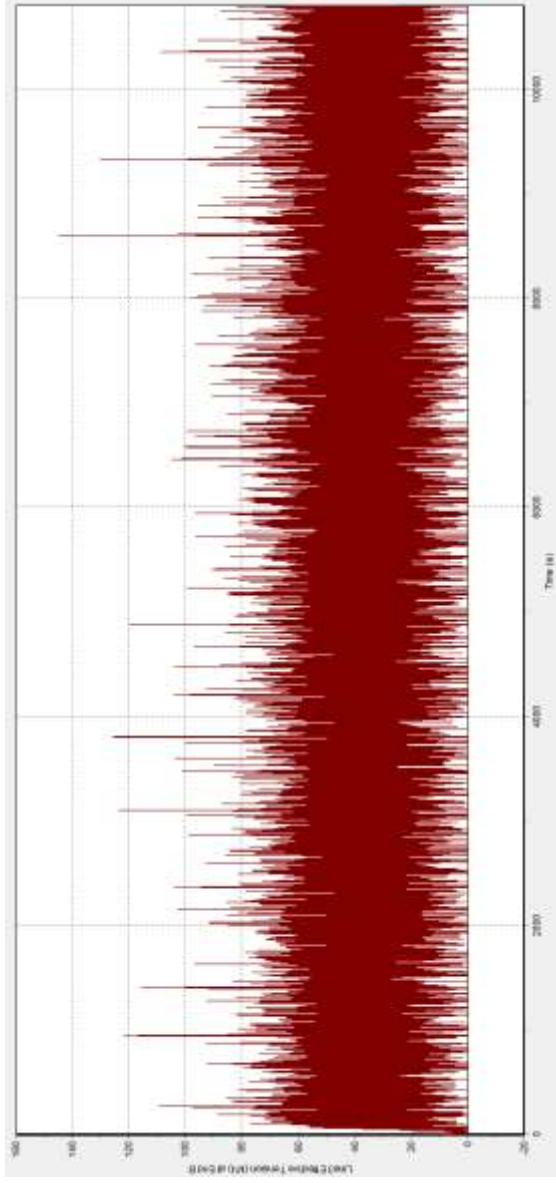


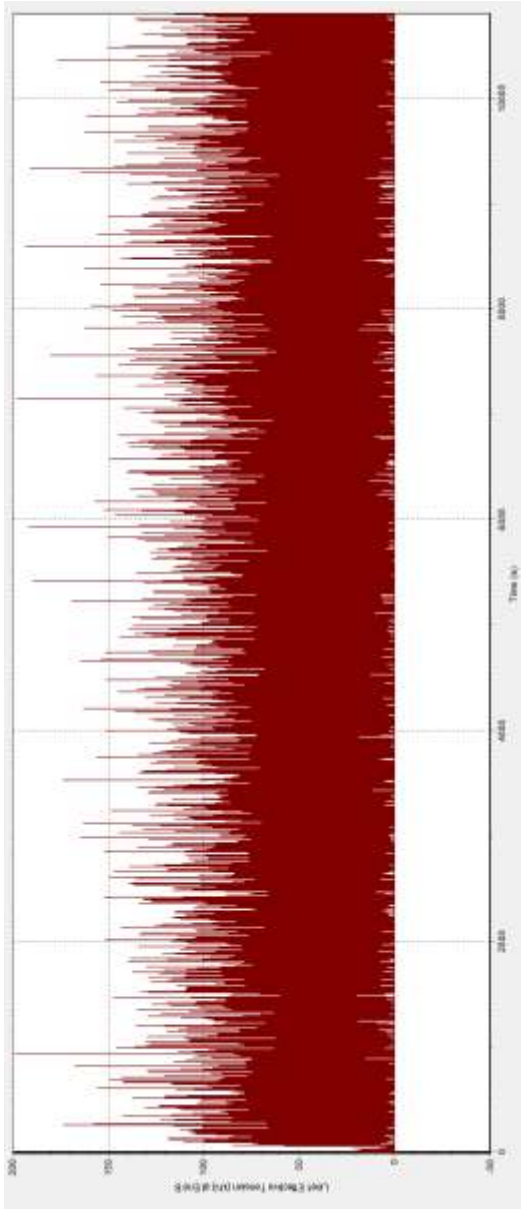
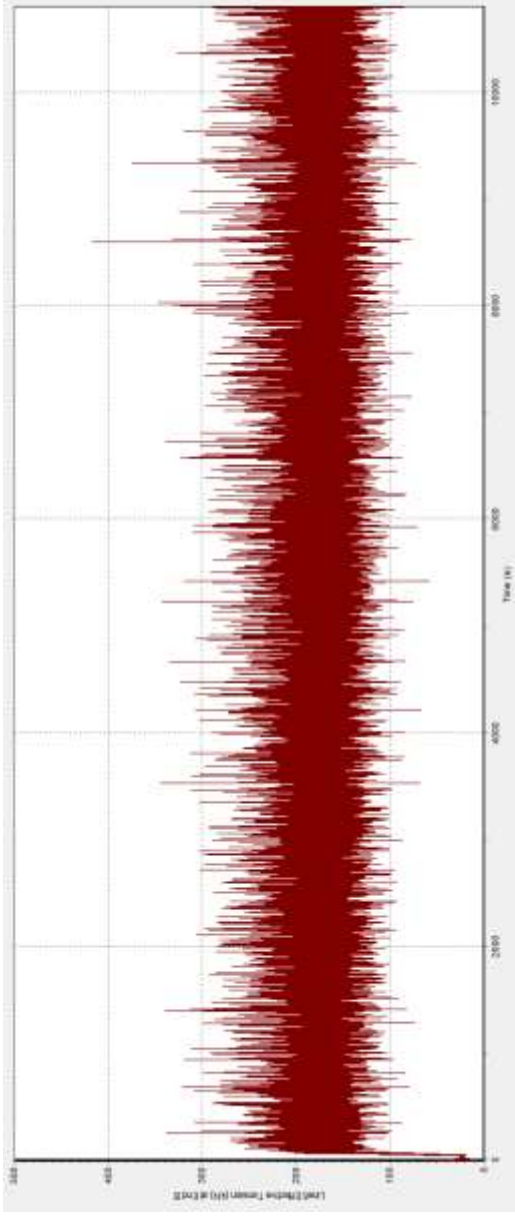


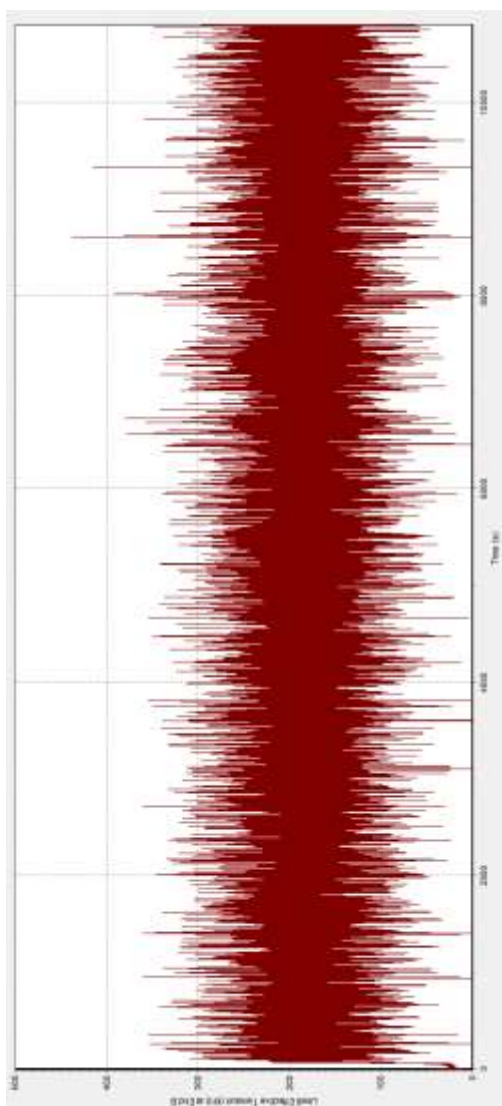
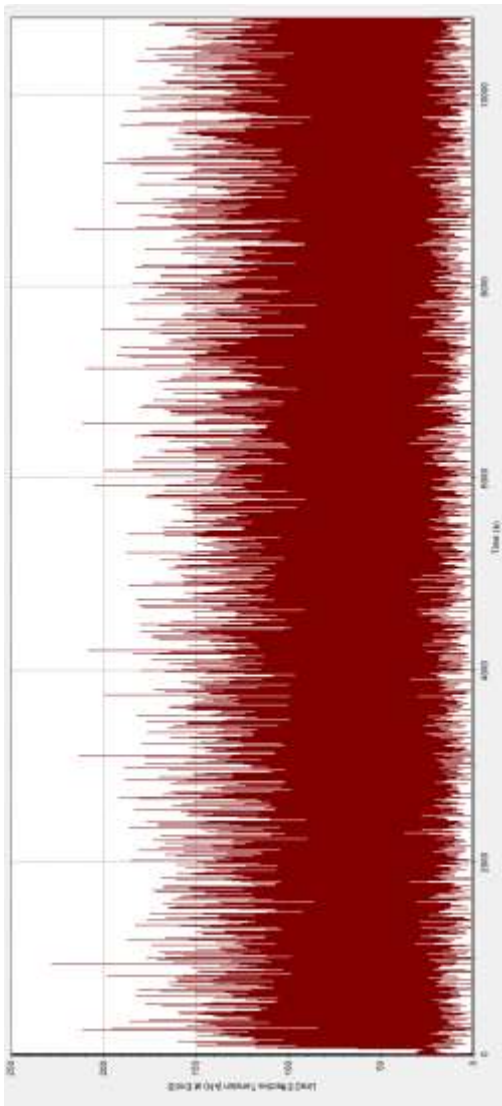


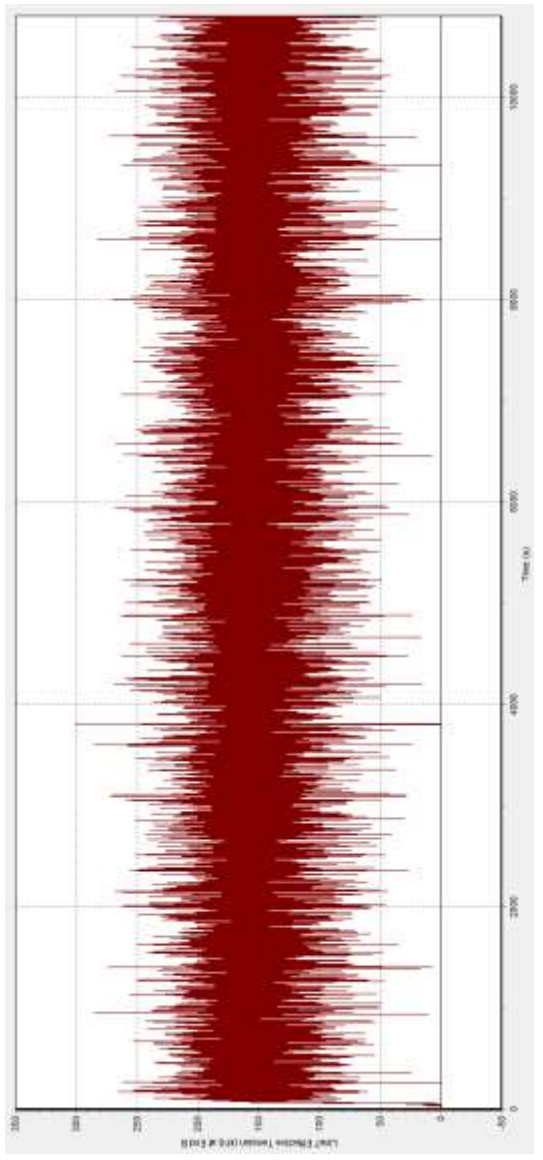
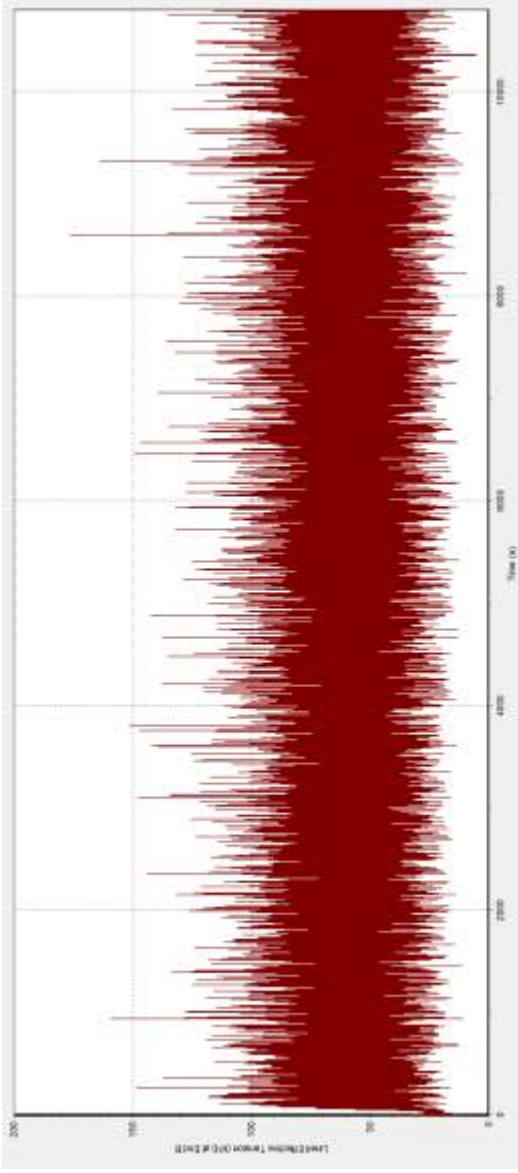


Arah heading 90° Collimier

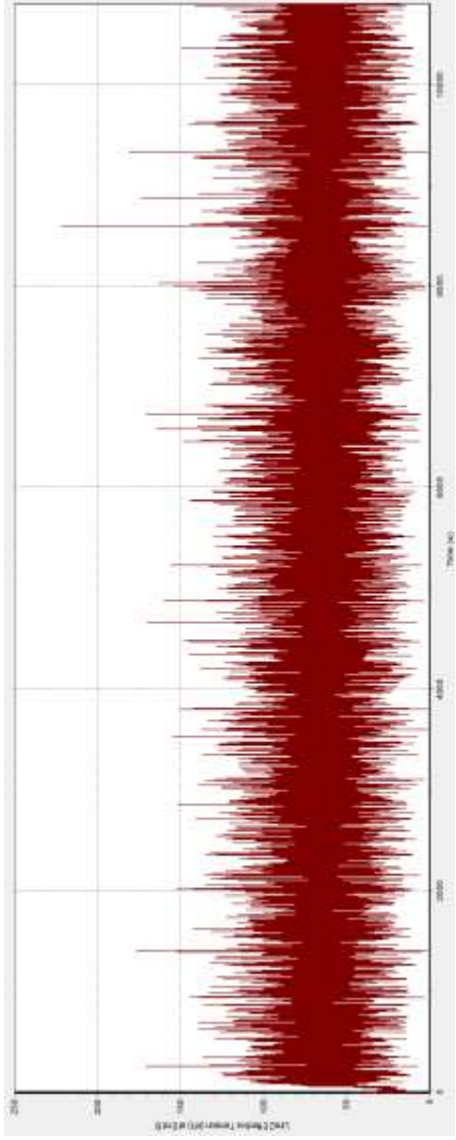
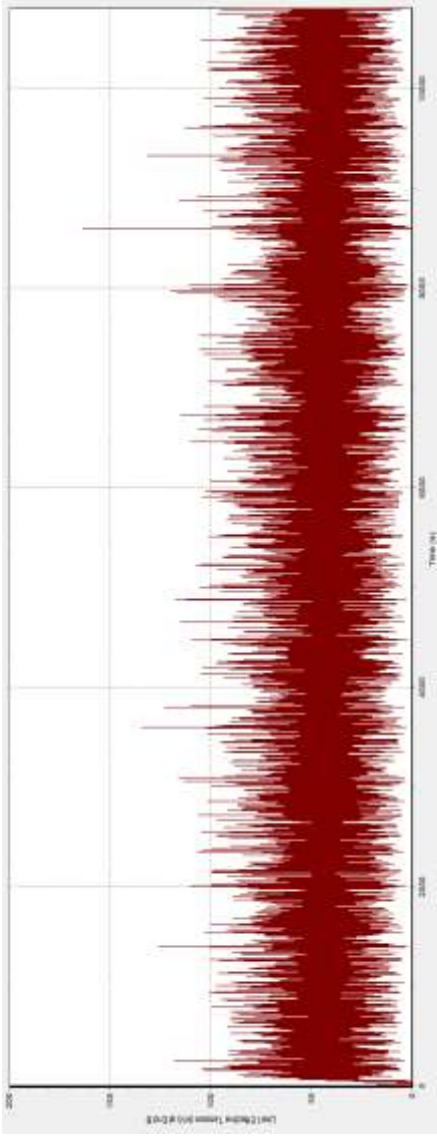


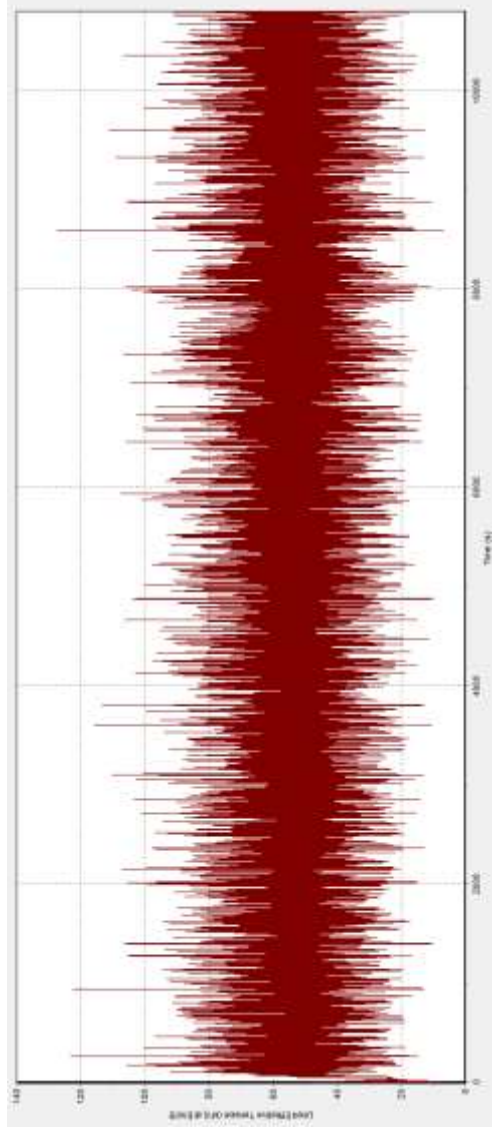
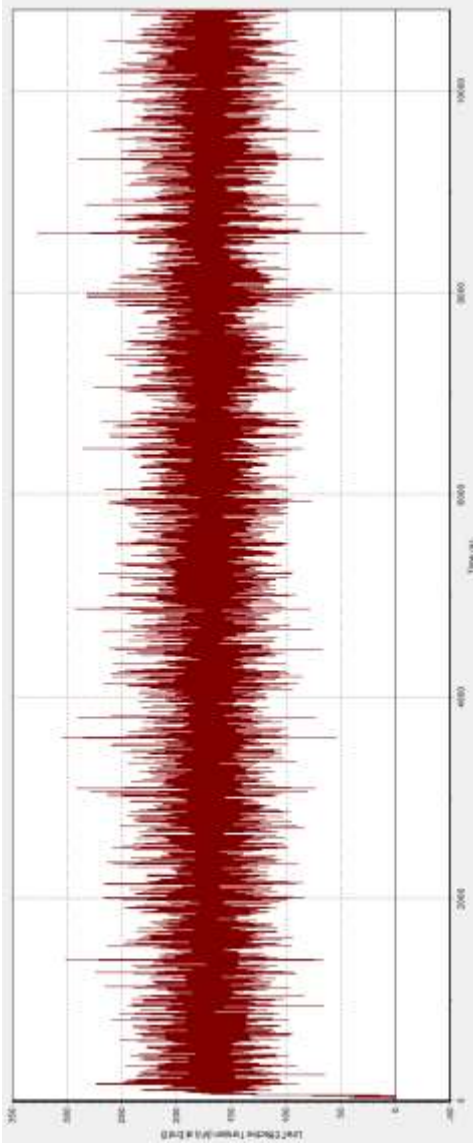


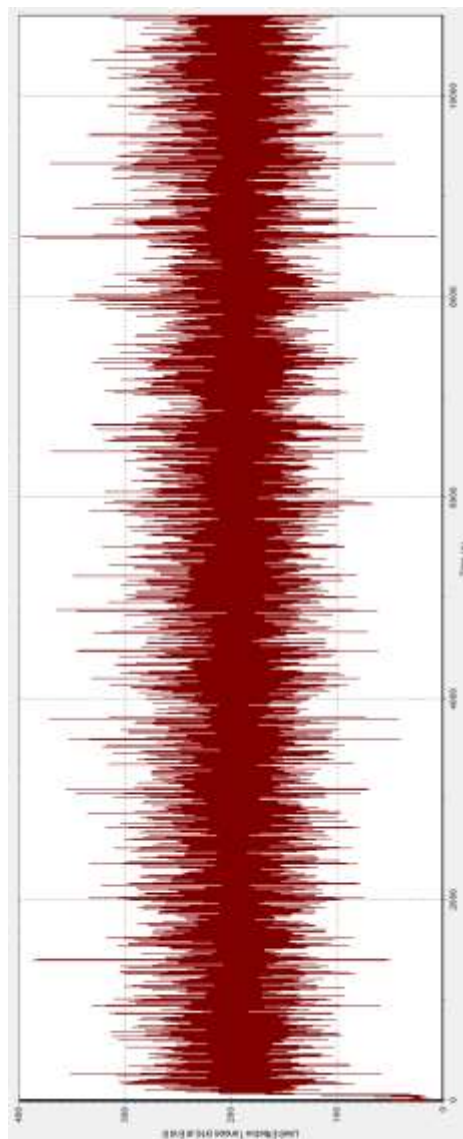
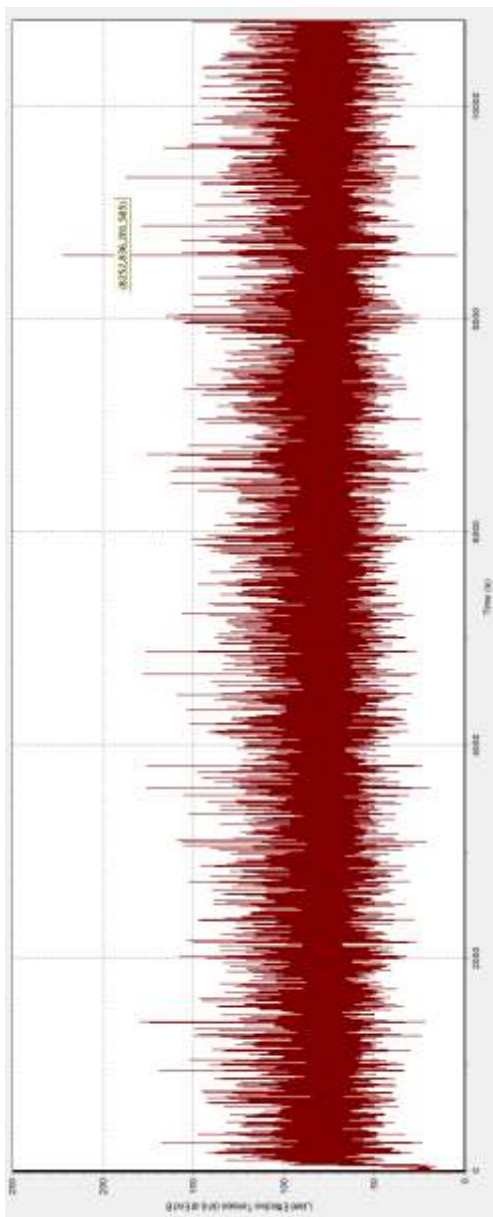


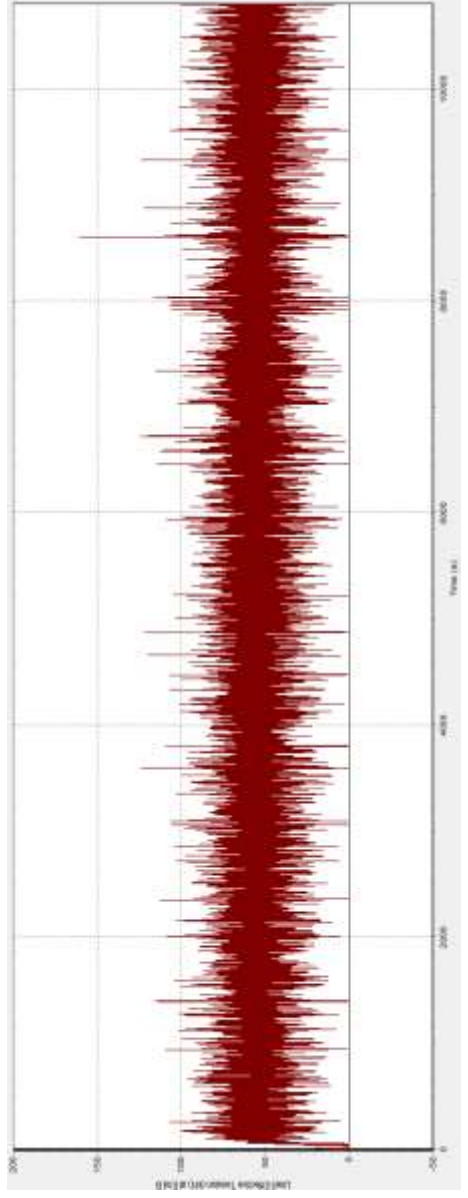
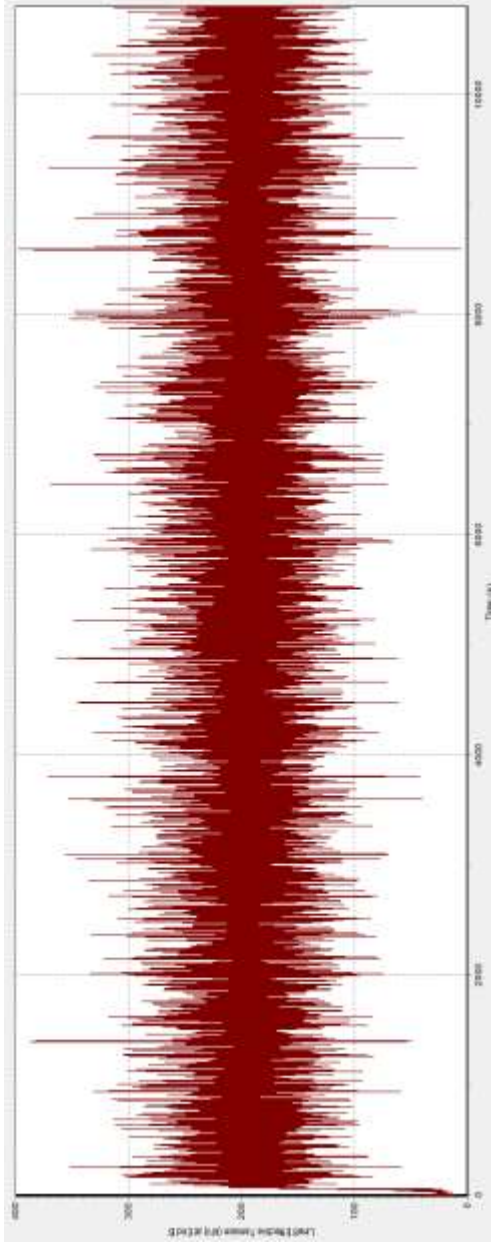


Arah heading 135° Collinier

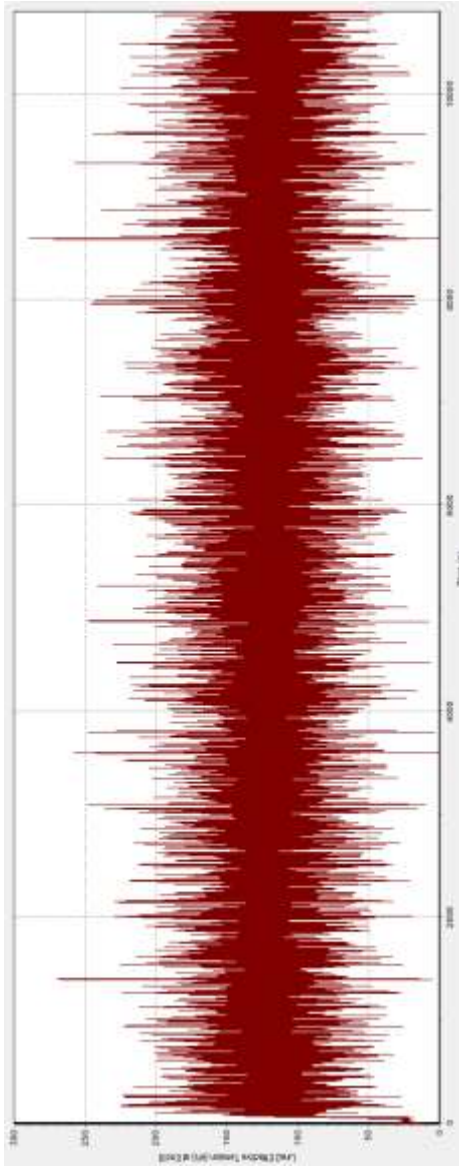
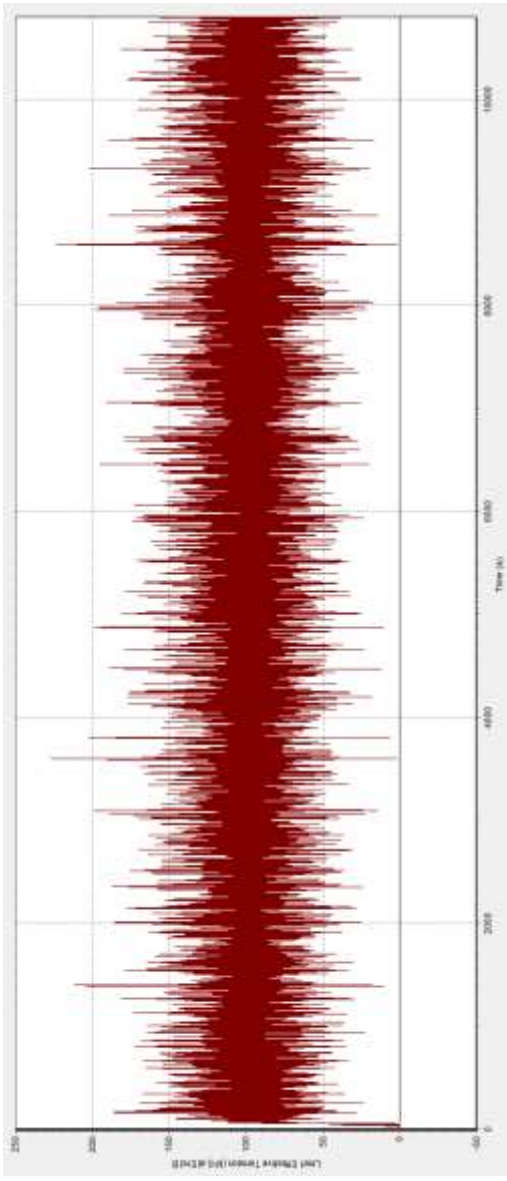


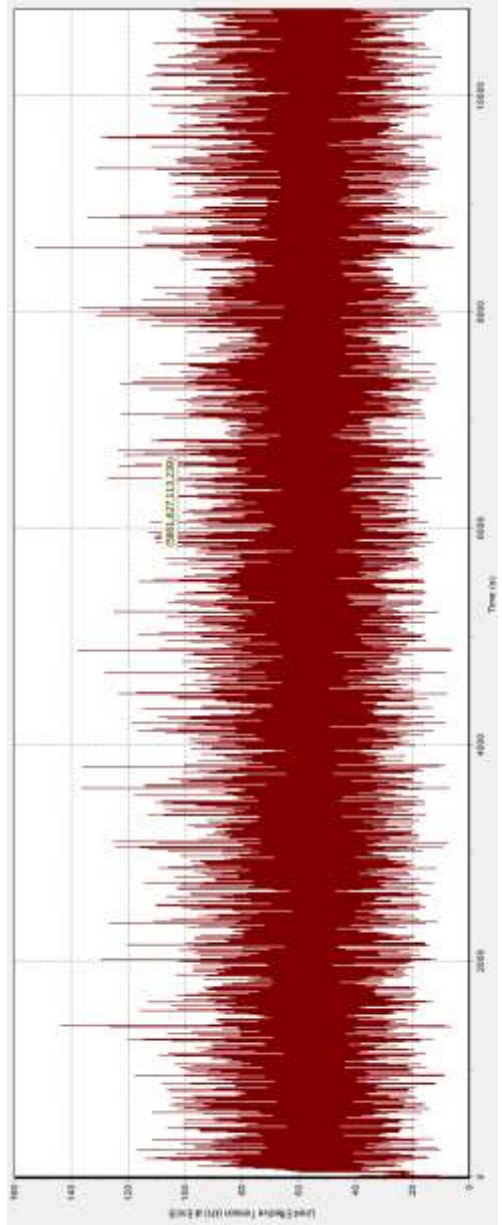
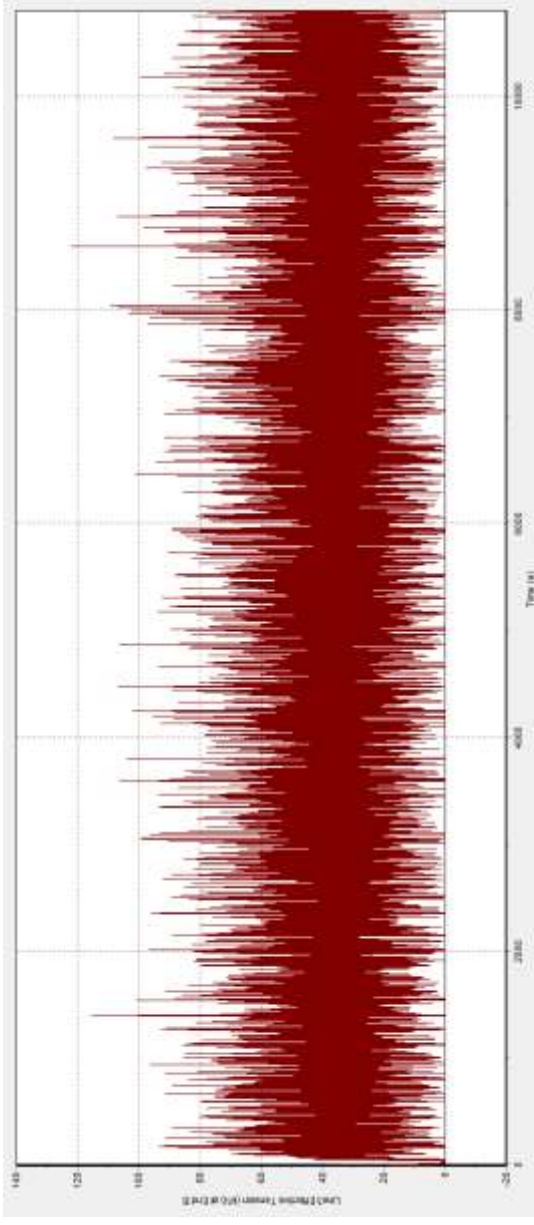


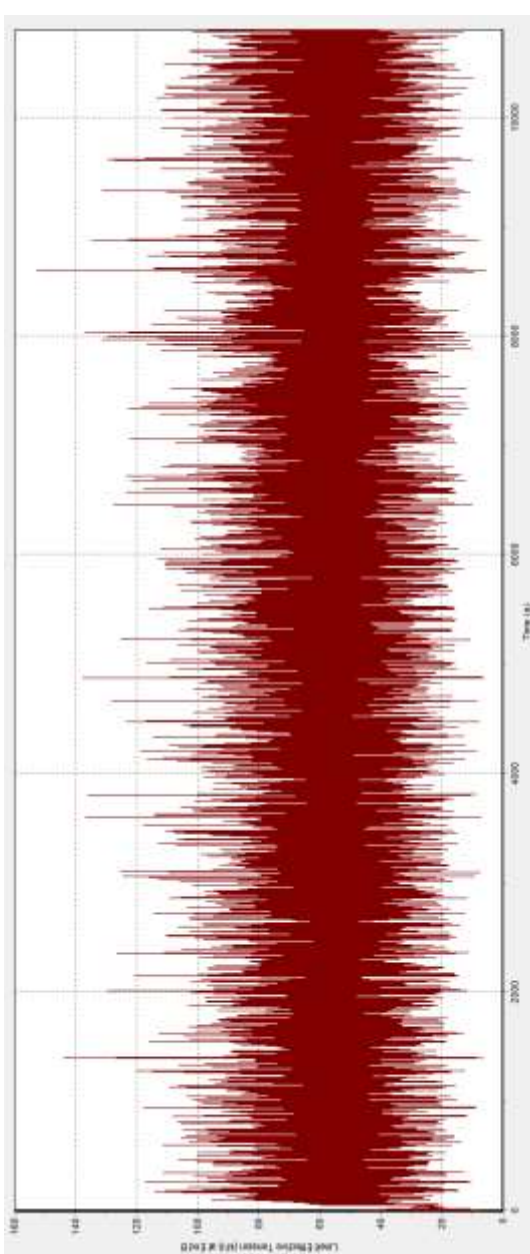
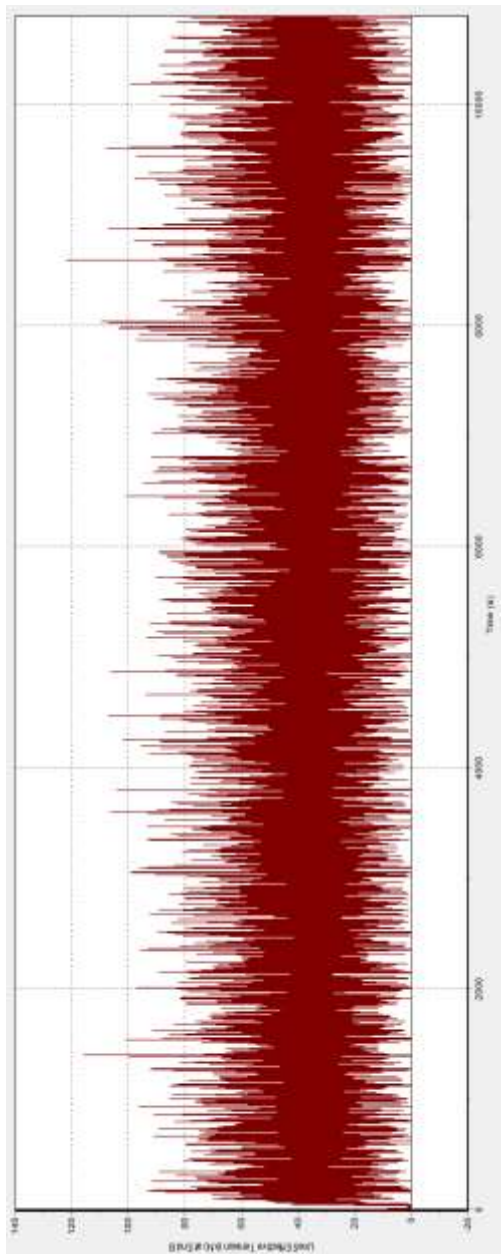


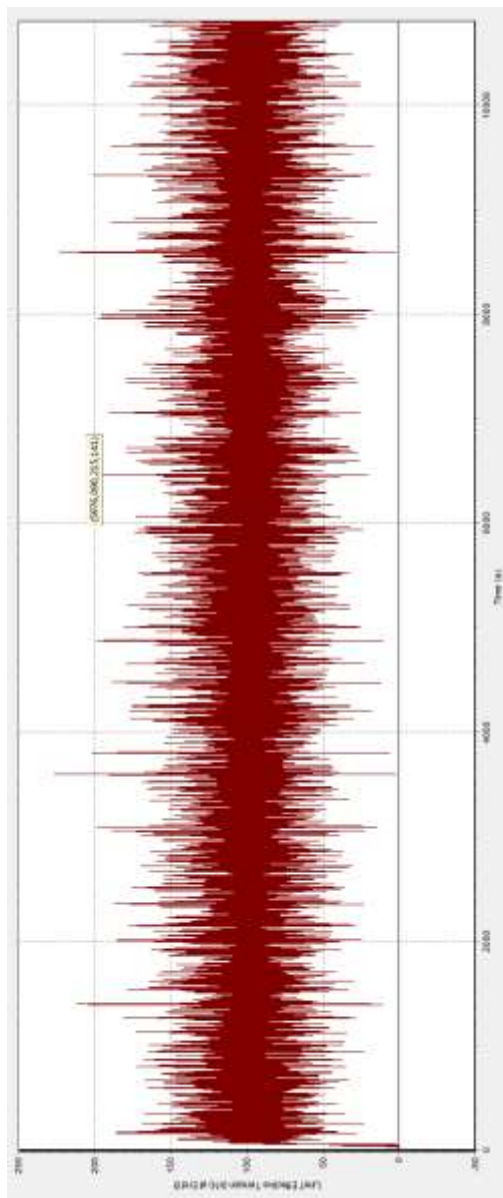
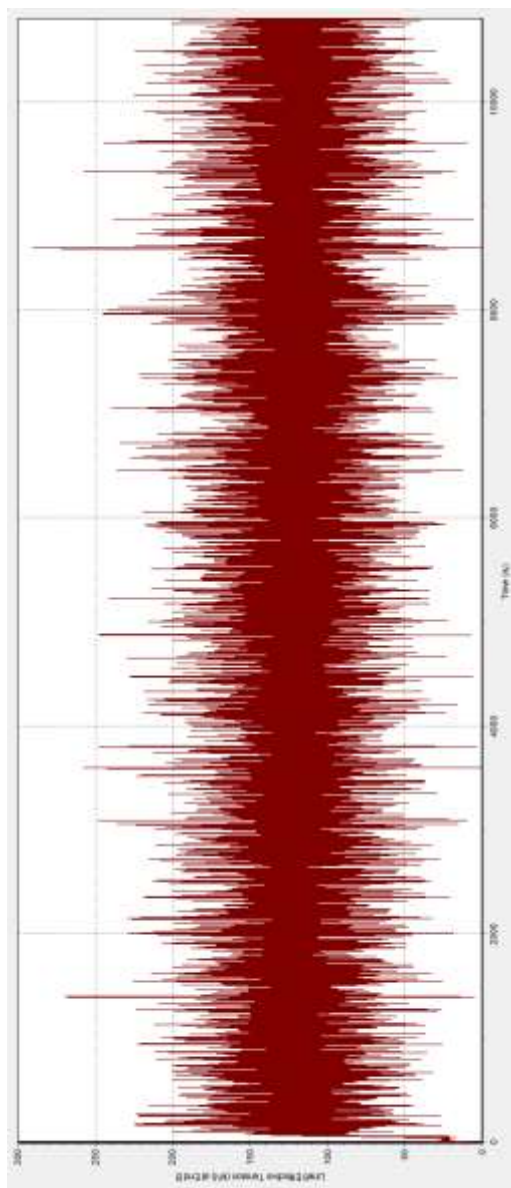


Arah heading 180° Collinier











LAMPIRAN D

Model Information

			
Model name: percobaan Current Configuration: Default			
Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
Cut-Extrude15 	Solid Body	Mass: 135.449 kg Volume: 0.0172546 m ³ Density: 7850 kg/m ³ Weight: 1327.4 N	E:\Kullah ITS\Skripsi\TA_ARS\Wodel SolidWork_Taku\new revisi\New folder\percobaan.SLDPRT Jan 04 14:17:28 2018


Study Properties

Study name	Static 1
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SOLIDWORKS Flow Simulation	Off
Solver type	FEEDBACK
Large Displacement Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SOLIDWORKS document (E:\Kulliah ITS\SA\06\TA_ARS\Model_SolidWorks_T&U\new 06\6)

Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: AISI 4130 Steel, normalized at 870C</p> <p>Model type: Linear Elastic Isotropic</p> <p>Default failure criterion: Max von Mises Stress</p> <p>Yield strength: 4.6e+008 N/m²</p> <p>Tensile strength: 7.31e+008 N/m²</p> <p>Elastic modulus: 2.05e+011 N/m²</p> <p>Poisson's ratio: 0.285</p> <p>Mass density: 7850 kg/m³</p> <p>Shear modulus: 8e+010 N/m²</p>	<p>SolidBody.1 (Cut-Extrude.15) (pncppbase)</p>
Curve Data: N/A		

Loads and Fixtures

Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		<p>Reference: Top Plane</p> <p>Values: 0 0 -9.81</p> <p>Units: SI</p>
Force-1		<p>Entities: 1 face(s)</p> <p>Type: Apply normal force</p> <p>Value: 273300 N</p>

Mesh information

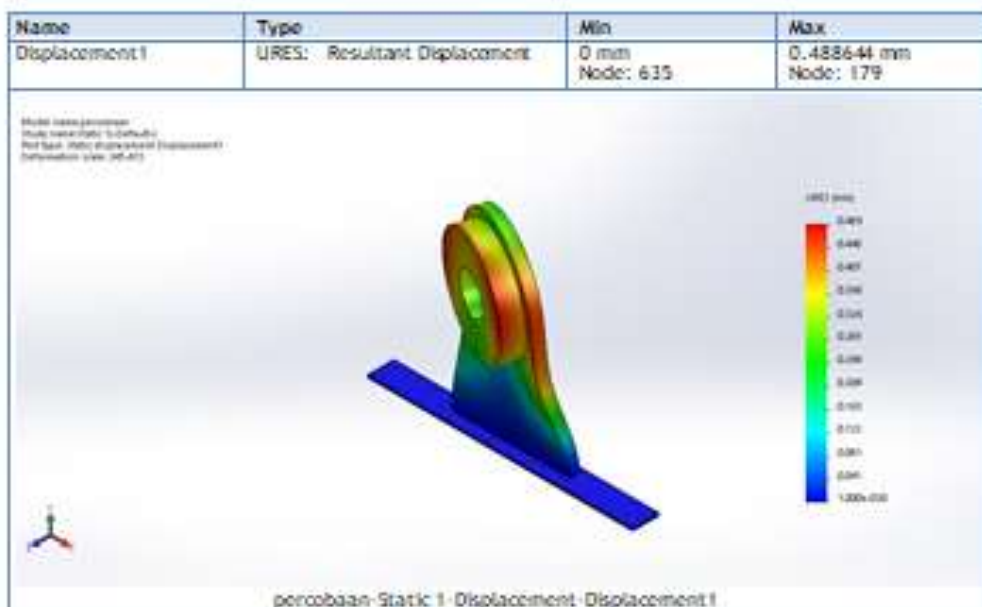
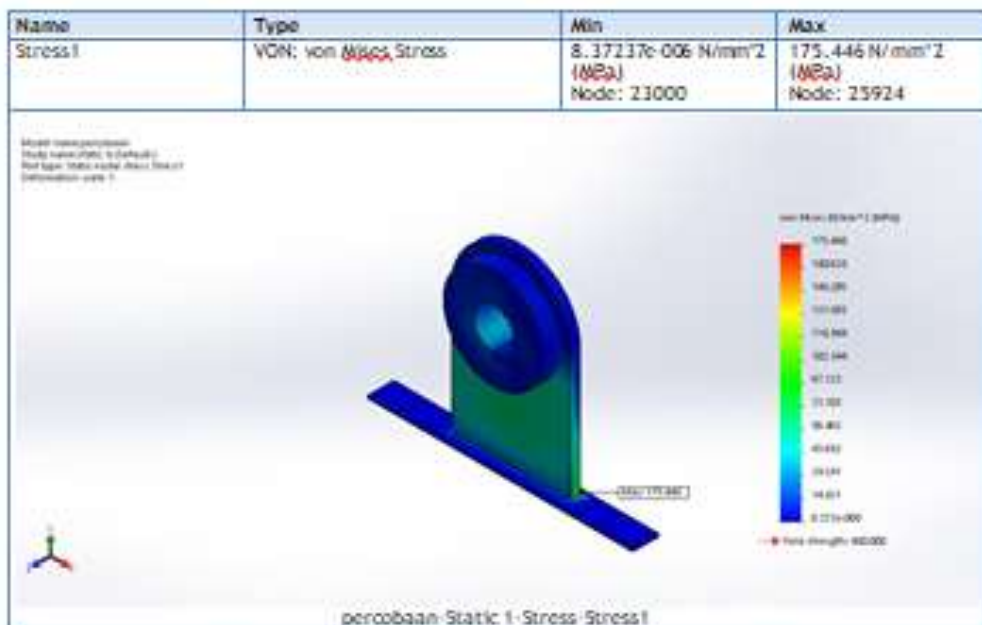
Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Standard mesh
Automatic Transition:	Off
Include Mesh Auto Loops:	Off
Jacobian points	4 Points
Element Size	0.0206752 m
Tolerance	0.00103176 m
Mesh Quality	High

Mesh information - Details

Total Nodes	30100
Total Elements	18568
Maximum Aspect Ratio	22.183
% of elements with Aspect Ratio < 3	96.7
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.113
% of distorted elements(Jacobian)	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:01
Computer name:	ARS

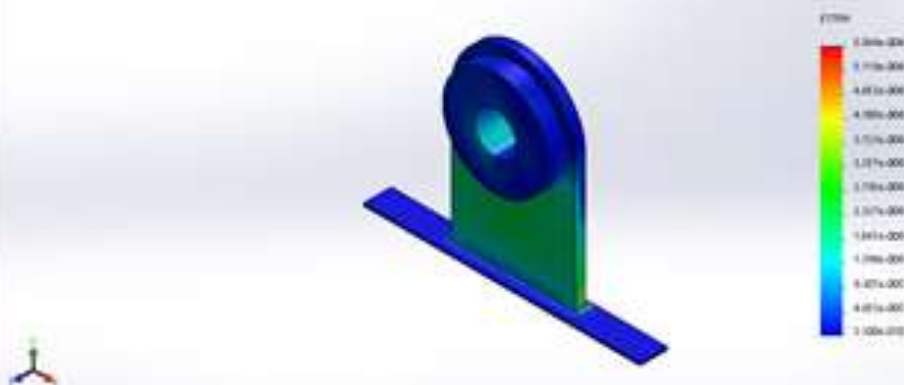
Mesh visualization:
Click here to go to the details
Mesh type: Solid Mesh





Name	Type	Min	Max
StrainI	ESTRN: Equivalent Strain	3.10041e-010 Element: 7971	0.000558403 Element: 6756

Model Information
Study Name: Static 1 (Default)
Post-Processor: Static Strain (Strain)
Information: none



percobaan-Static 1-Strain-StrainI

Name	Type	Min	Max
Factor of SafetyI	Automatic	2.62189 Node: 25924	5.49427e+007 Node: 23000

Model Information
Study Name: Static 1 (Default)
Post-Processor: Factor of Safety (Factor of Safety)
Options: Automatic
Factor of Safety Information: Min FOS: 1.0



percobaan-Static 1-Factor of Safety-Factor of SafetyI

LAMPIRAN E

1022 CARBON STEEL BAR

1022 is a general purpose low tensile low hardenability carbon steel generally supplied in the black hot rolled condition, with a typical tensile strength range 360 - 560 Mpa and Brinell hardness range 100 - 170. Characterised by excellent weldability, fairly good machinability with reasonable strength and good ductility.

1022 due to its very low hardenability will through harden only in very small sections to relatively moderate strength levels, and is therefore generally used in the as rolled condition. It can however be carburised achieving case hardnesses over Rc 65 with smaller sections, reducing as section size increases. Core strength will remain as supplied for all sections. Alternatively it can be carbonitrided offering some advantages over standard carburising.

It will not respond satisfactorily to flame or induction hardening due to its low carbon content, nor to nitriding due to a lack of suitable alloying elements.

1022 is used by all industry sectors for applications involving welding or when high strength is not necessary, plus lightly stressed carburised parts.

Typical applications are: General Engineering Parts and Components, Welded Structures etc. or Carburised: Camshafts, Light Duty Gears, Gudgon Pins, Ratchets, Spindles, Worm Gears etc.

Colour Code	Stocked Sizes
White (Bar End)	36 mm - 600 mm Dia
	Bar Finish
	Black Bar

Related Specifications

Australia	AS 1442 - 1992 1022
Germany	W.Nr 1.0403 C22 W.Nr 1.1151 CK22
Great Britain	BS970 - Part 3 - 1991 070M20 BS970 - Part 1 - 1983 120M19 BS970 - 1955 EN3C
Japan	JIS G 4051 S20C
USA	AISI C1022 and C1522 ASTM A29/A29M - 91 1022 and 1522 SAE 1022 and 1522 UNS G 10220 UNS G 15220

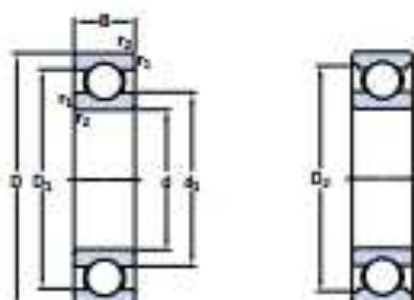
Chemical Composition

	Min. %	Max. %
Carbon	0.16	0.24
Silicon	0.10	0.40
Manganese	0.70	1.40
Phosphorous	0	0.05
Sulphur	0	0.05

Typical Mechanical Properties - Hot Rolled Condition

Tensile Strength Mpa	550
Yield Strength Mpa	330
Elongation in 50mm %	27

1.1 Single row deep groove ball bearings d 150 – 180 mm



Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designation
d	D	B	C	C ₀		Reference speed	Limiting speed		
mm			kN		kN	r/min	g	-	
150	190	20	48,8	61	1,94	4 700	4 300	1,2	61838
	210	28	88,4	93	2,9	4 300	5 300	3,05	61938 MA
	225	36	90,3	98	3,05	4 000	3 800	3,15	16038
	225	35	1,75	1,25	3,9	4 000	3 800	4,1	6038
	270	45	174	164	4,9	5 000	3 700	10	6338
	320	65	276	285	7,8	4 300	2 800	23	6338
	320	65	276	285	7,8	4 300	4 000	24	6338 H
160	200	20	49,4	64	2	4 300	4 000	1,25	61832
	220	28	90,3	98	3,05	4 000	3 800	2,7	61932
	220	28	90,3	98	3,05	4 000	5 000	2,2	61932 MA
	240	25	99,5	108	3,25	5 400	3 400	3,65	16032
	240	38	143	143	4,3	5 400	3 400	5,2	6032
	290	48	186	186	5,3	4 500	3 000	13	6332
	340	68	276	285	7,65	4 000	2 400	24	6332
340	68	276	285	7,65	4 000	2 800	30,5	6332 H	
170	215	22	61,8	78	2,4	4 000	3 400	1,65	61834
	230	28	93,4	106	3,15	5 400	4 800	3,4	61934 MA
	240	28	119	129	3,75	5 300	3 200	5	16034
	240	42	168	173	5	5 300	3 200	7	6034
	240	42	168	173	5	5 300	4 300	8,15	6034 H
	310	52	212	226	6,1	4 300	2 800	14	6234
	310	52	212	226	6,1	4 300	2 800	18	6234 H
340	72	312	340	8,8	3 800	2 400	31	6334	
340	72	312	340	8,8	3 800	3 400	34	6334 H	
180	225	22	62,4	81,5	2,45	5 400	3 400	1,75	61836
	250	33	119	134	3,9	5 300	3 200	5	61936
	250	33	119	134	3,9	5 300	4 300	5	61936 MA
	280	31	138	144	4,15	4 800	3 000	6,5	16036
	280	44	190	200	5,4	4 800	3 000	9,5	6036
	280	44	190	200	5,4	4 800	4 000	10,5	6036 H
	320	52	229	240	6,4	4 000	2 400	17	6236
	320	52	229	240	6,4	4 000	2 800	18,5	6236 H
	380	75	351	405	10,4	3 400	2 200	34,5	6336
	380	75	351	405	10,4	3 400	2 200	42	6336 H

POLYETHYLENE

Diameter		Standard coils - 220m	
mm	Inc C	Weight (kg)	MB L Kg
6	3/4	4	400
8	1	7	700
10	1 1/4	11	1090
12	1 1/2	16	1540
14	1 3/4	21	2090
16	2	28	2800
18	2 1/4	35	3500
20	2 1/2	44	4300
22	2 3/4	53	5100
24	3	65	6100
26	3 1/4	75	7000
28	3 1/2	86	8000
30	3 3/4	100	9150
32	4	115	10400
36	4 1/2	145	13000
40	5	175	15600
44	5 1/2	209	18800
48	6	253	22400
52	6 1/2	295	26200
56	7	348	30200
60	7 1/2	396	34200
64	8	449	38500
68	8 1/2	506	43500
72	9	572	48500
80	10	702	59700

All dimensions are approximate

Construction for PE Mono:

Twisted 3 or 4 strand ropes
Plated 8 strand ropes

Very popular for commercial fishing and marine applications.

Other Information

Density: 0.95
Melts at: 285°F
Stretch: low elongation
Chemical resistance: Resistant to most acids, and alkalis.
Very good abrasion resistance. Not as strong as Polypropylene.
Does not absorb water.

NYLON

Diameter		Standard coils - 220m	
mm	Inc C	Weight (kg)	MB L Kg
6	3/4	5.2	750
8	1	9.3	1350
10	1 1/4	14.3	2080
12	1 1/2	20.6	3000
14	1 3/4	28	4100
16	2	36.5	5300
18	2 1/4	46	6700
20	2 1/2	57	8300
22	2 3/4	69	10000
24	3	82	12000
26	3 1/4	97	13900
28	3 1/2	112	15800
30	3 3/4	129	17900
32	4	146	20000
36	4 1/2	184	24800
40	5	228	30000
44	5 1/2	276	35800
48	6	330	42000
52	6 1/2	384	48800
56	7	446	56000
60	7 1/2	512	63800
64	8	582	72000
68	8 1/2	660	81000
72	9	738	90000
80	10	911	110000

All dimensions are approximate

Nylon ropes available:

Twisted 3 or 4 strand
Plated 8 strand

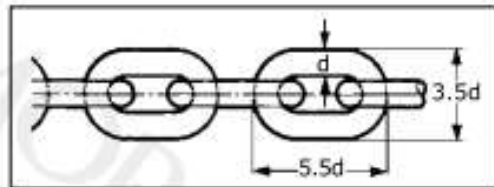
Other Information

Density: 1.14
Melts at: 480°F
Stretch: High elasticity. This means that a large amount of energy is stored within the rope.

Precautions must be taken.

Chemical resistance: At normal temperatures good resistance to alkalis. Limited resistance to acids.

Medium Link (Mild steel)



Size		Weight kg/m	Proof Load kg	Minimum Breaking Load kg
mm	inches			
13	1/2	3.50	3200	6400
16	5/8	5.20	4800	9600
19	3/4	7.40	6800	13600
22	7/8	10.00	9100	18200
25	1	12.80	11800	23600
28	1 1/8	16.50	14800	29500
32	1 1/4	21.00	19400	38700
34	1 3/8	23.50	21800	43600
38	1 1/2	29.50	27300	54600
42	1 5/8	36.00	33300	66600
44	1 3/4	39.50	36600	73200
48	1 7/8	47.00	43500	87000
51	2	53.00	49200	98300

All dimensions are approximate

BIODATA PENULIS



Arief Rachman Suwandi, dilahirkan di Bekasi pada tanggal 29 November 1994, merupakan anak tunggal. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN 1 Setia Darma 01 Tambun Selatan, SMPN 1 Tambun Selatan, SMAN 1 Tambun Selatan ,dan Diploma 3 Teknik Mesin Univeritas Gadjah Mada. Setelah lulus Diploma 3 pada tahun 2015, penulis melanjutkan Studi Strata 1 di Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) melalui program Lintas Jalur Sarjana dan terdaftar dengan NRP 4215106003. Selama menempuh masa perkuliahan, penulis sempat aktif menjadi anggota Kopma ITS, anggota Indocor ITS dan anggota Lab. Marine Manufacturing and Design FTK ITS. Selama masa studi lanjut strata 1 yang ditempuh selama 2 tahun, penulis tertarik dalam bidang desain sehingga dalam Tugas Akhir ini mengambil topik, yaitu studi kekuatan konstruksi pada sambungan mooring di pembangkit listrik tenaga arus laut.

Kontak Penulis :
Email : ariefsuwandi4@gmail.com
Telepon : 087879034795
ID Line : ariefsuw