

TUGAS AKHIR
“ANALISA PENGGUNAAN ANCHOR
DENGAN SISTEM SPREAD MOORING PADA KAPAL FPSO
(FLOATING PRODUCTION STORAGE AND OFFLOADING)
DI LAUT NATUNA”

Diajukan Untuk Memenuhi dan Melengkapi Salah Satu Persyaratan mencapai gelar strata I (S-1) Pada Program Studi Teknik Perkapalan



Di Susun Oleh :

NAMA :NATASYAH DEWANTI
NIM :2019310004

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
UNIVERSITAS DARMA PERSADA
JAKARTA
2023

ABSTRAK

Indonesia merupakan negara maritim dengan kekayaan alam yang melimpah yang menyebabkan timbulnya kegiatan eksplorasi minyak dan gas di beberapa titik di Laut Natuna. Kegiatan eksplorasi cadangan minyak didukung dengan pendirian beberapa *platform Offshore* dan suatu struktur apung yang bersifat *mobile* untuk menampung hasil eksplorasi dengan salah satu struktur yang digunakan yaitu FPSO. Salah satu sistem tambat yang sering digunakan kapal FPSO adalah *Spread Mooring System* yang dapat diaplikasikan dengan menentukan posisi antara kapal FPSO, sumur minyak, *shuttle tanker* dan *supply vessel* terlebih dahulu, untuk nantinya digunakan dalam penentuan jalur penyebaran *mooring* tanpa mengganggu jalur untuk kegiatan *loading* maupun *offloading*. *Spread Mooring System* dinilai sebagai sistem tambat paling sederhana pada penggunaan FPSO dikarenakan tidak memungkinkannya kapal FPSO dapat berputar atau jikapun kapal bergerak yang disebabkan oleh efek lingkungan (gelombang, arus dan angin) maka kemungkinannya yang relatif kecil tetapi dalam hal ini menyebabkan beban lingkungan menjadi besar. Metode yang akan digunakan dalam hal ini adalah dengan metode perhitungan *Jonswap* dengan tipe analisa *Times Domain* serta beberapa *rules* ABS dan DNV mengenai standar dari *mooring* dan *anchor*. Perhitungan *Jonswap* sendiri digunakan untuk mengetahui hal terkait dengan bagaimana respon *mooring* dengan kapal FPSO terhadap faktor lingkungan yang nantinya akan dianalisa menggunakan *software* Ansys dengan membuat pemodelan kapal FPSO, yang selanjutnya didapatkan hasil berupa gerak kapal FPSO terhadap lingkungan, tegangan dan renggangan *anchor*, berat *anchor* serta jumlah, posisi, dan derajat *mooring* yang diukur dari *center line* kapal dengan parameter nilai beban lingkungan yang paling rendah. Berdasarkan hasil analisa penggunaan *anchor* pada *spread mooring* dengan bantuan *Software Maxsurf* dan Ansys maka didapatkan hasil *anchor* yang digunakan adalah 8 *anchor* dengan panjang *mooring* 300m per *mooring* dan dengan tegangan maksimal bernilai $5,962 \times 10^5$ N serta memiliki nilai factor lingkungan yang besar tetapi dapat mengkoordinasi penggunaan *spread mooring* pada FPSO Surya Putra Jaya.

Kata Kunci : Anchor, Kapal FPSO, Spread Mooring, Tegangan Anchor.

ABSTRAK

Indonesia is a maritime country with abundant natural wealth which has led to oil and gas exploration activities at several points in the Natuna Sea. Exploration of oil reserves is supported by the establishment of several offshore platforms and a mobile floating structure to accommodate exploration results with one of the structures used, namely FPSO. One mooring system that is often used by FPSO vessels is the Spread Mooring System which can be applied by determining the position between FPSO vessels, oil wells, shuttle tankers and supply vessels in advance, to later be used in determining mooring deployment paths without disturbing the lanes for loading and offloading activities. . The Spread Mooring System is considered the simplest mooring system for FPSO use because it does not allow the FPSO ship to rotate or if the ship moves due to environmental effects (waves, currents and wind) then the possibility is relatively small but in this case it causes a large environmental load. The method to be used in this case is the Jonswap calculation method with the Times Domain type of analysis as well as some ABS and DNV rules regarding mooring and anchor standards. Jonswap's own calculations are used to find out things related to how mooring responds with FPSO ships to environmental factors which will later be analyzed using Ansys software by making FPSO ship modeling, which then gets results in the form of FPSO ship motion to the environment, anchor stress and strain, anchor weight and number, position, and degree of mooring as measured from the ship's center line with the parameter of the lowest environmental load value. Based on the results of an analysis of the use of anchors in spread mooring with the help of Maxsurf and Ansys Software, the results of the anchors used are 8 anchors with a mooring length of 300m per mooring and with a maximum stress value of 5.962×10^5 N and has a large environmental factor value but can coordinate the use of spread mooring at FPSO Surya Putra Jaya.

Keywords: Anchor , FPSO Vessel, Spread Mooring, Anchor Stress.

PRAKATA

Dengan mengucapkan Puji serta Syukur dipanjatkan atas kehadiran Allah SWT karena berkat pertolongan, Rahmat, dan kasih sayang-Nya akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Tugas Akhir ini dibuat untuk memenuhi syarat untuk dapat mencapai gelar strata I (S-1) di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada. Tugas Akhir ini membahas tentang Analisa Penggunaan *Anchor* Dengan Sistem *Spread Mooring* pada Kapal FPSO (*Floating Production Storage And Offloading*) dilaut Natuna. Topik yang akan dibahas dalam Tugas Akhir ini sangat menarik karena menjadi sebuah bentuk pembelajaran mengenai penggunaan *anchor* dengan sistem *spread mooring* pada kapal FPSO.

Dalam proses pengerjaan dan penyelesaian Tugas Akhir ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan serta dukungan untuk penyelesaian Tugas Akhir ini baik dengan menyediakan data, referensi, dan program atau dengan berdiskusi dan mengoreksi.

Secara khusus dalam hal ini diucapkan terima kasih kepada orang tua dan keluarga yang senantiasa telah memberikan doa, motivasi dan kepercayaan. Seluruh Dosen Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada terutama Bapak Arif Fadillah, S.T.,M.Eng.,Ph.D selaku Pembimbing I dan Bapak Rizky Irvana S.T, M.T selaku Pembimbing II Tugas Akhir. Serta kepada rekan – rekan mahasiswa Jurusan Teknik Perkapalan Angkatan 2019.

Terlepas dari segala usaha untuk menghindari kesalahan dalam penulisan, penyusunan kalimat, penggambaran, dan penggunaan tata bahasa, mungkin masih ditemukan poin yang ingin dikoreksi. Besar harapan untuk kedepannya semoga Tugas Akhir ini bisa dapat memberikan manfaat maupun inspirasi, khususnya bagi kemajuan dibidang perkapalan dan bagi Jurusan Teknik Perkapalan.

Jakarta,Juli 2023

Natasyah Dewanti
(2019310004)

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji serta syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas Berkat, Rahmat dan Hidayah-Nya Dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini hingga selesai. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat untuk dapat mencapai gelar strata I (S-1) di Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Universitas Darma Persada

Selama proses penyelesaian Tugas Akhir berlangsung dari mulai hingga terselesaikan-nya Tugas Akhir ini, banyak mendapat dukungan dari berbagai pihak baik secara moral maupun materil. Untuk itu diucapkan terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan kesehatan, rahmat, berkat dan hidayah - Nya sehingga dapat menyelesaikan tugas ini.
2. Orang Tua dan keluarga, yang senantiasa memberikan doa, motivasi dan kepercayaan yang besar.
3. Ir. Y. Arya Dewanto, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada.
4. Arif Fadillah, S. T, M.Eng, Ph.D. selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada serta Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
5. Ir. Augustinus Pusaka, S.T., M.Si selaku Wakil Dekan II Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada.
6. Shanty Manullang, S.Pi, M. Si. selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada.
7. Rizky Irvana S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
8. Seluruh Dosen serta Karyawan Fakultas Teknologi Kelautan.
9. Rekan - rekan Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan Universitas Darma Persada.
10. Serta kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

DAFTAR ISI

COVER	
ABSTRAK.....	i
ABSTRAK.....	ii
PRAKATA	iii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR SIMBOL	xi
DAFTAR SINGKATAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Maksud Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Laut Natuna	7
2.2 <i>Floating Production Storage and Offloading</i> (FPSO)	7
2.2.1 Pengertian <i>Floating Production Storage and Offloading</i> (FPSO)....	7
2.2.2 Cara kerja kapal FPSO	8
2.2.3 <i>System offloading</i> pada kapal FPSO	9
2.3 Moda Gerak Struktur Terapung.....	10
2.4 <i>Mooring System</i>	11
2.4.1 Pengertian <i>Mooring System</i>	11
2.4.2 Jenis-jenis <i>Mooring System</i> berdasarkan Model Tambat	11
2.4.3 Jenis <i>Mooring System</i> berdasarkan kategori bahan.....	14
2.4.4 Tegangan <i>Mooring</i>	15
2.4.5 Renggangan <i>Mooring</i>	15
2.5 <i>Anchor</i>	15
2.5.1 Pengertian <i>Anchor</i>	15
2.5.2 Bagian-Bagian pada <i>Anchor</i>	16
2.5.3 Berat dan ukuran anchor	16
2.6 Analisis Dinamis	17
2.6.1 Spektrum Gelombang.....	18

2.6.2	Response Amplitude Operator (RAO) dan Spektrum Respon.....	18
2.7	Faktor Lingkungan	18
2.7.1	Gelombang	19
2.7.2	Angin.....	19
2.7.3	Arus	19
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		20
3.1	<i>Flow Chart</i> Alur Pengerjaan	20
3.2	Tahapan Pengerjaan.....	21
3.3	Metode Perhitungan.....	21
3.3.1	Perhitungan Untuk <i>Offloading Shuttle Tanker</i>	21
3.3.2	Perhitungan Moda Gerak Struktur Apung	22
3.3.3	Perhitungan Tegangan.....	22
3.3.4	Perhitungan Renggangan	24
3.3.5	Perhitungan Berat dan ukuran <i>Anchor</i> dan ukuran Rantai.....	24
3.3.6	Perhitungan Analisis Dinamis.....	24
3.3.7	Perhitungan Faktor Lingkungan.....	26
BAB IV DATA DAN INFORMASI.....		28
4.1	Data <i>Layout</i> Sumur dilaut Natuna	28
4.2	Data Kapal <i>Shuttle Tanker</i>	28
4.3	Data Kapal <i>Supply Vessel</i>	30
4.4	Data Kapal FPSO	31
4.4.1	Data Ukuran Utama Kapal FPSO	31
4.4.2	Data <i>General Arrangement</i> kapal FPSO	32
4.4.3	Data Spesifikasi Rantai pada kapal FPSO	33
4.4.4	Data Kapal FPSO pada posisi <i>Full Load</i>	33
4.5	Data Gelombang.....	33
4.6	Data Arus.....	35
4.7	Data Kecepatan Angin.....	36
4.8	Data Jenis Tanah.....	38
BAB V ANALISA		39
5.1	Sketsa Posisi Shuttle Tanker	39
5.2	Mode Gerak	41
5.2.1	Kapal <i>Floating Production Storage and Offloading (FPSO)</i>	41
5.2.2	FPSO Pada Posisi Spread Mooring.....	44
5.2.3	Kapal FPSO Pada Saat Mooring Putus	47
5.3	Tegangan & Renggangan <i>Mooring</i>	49

5.3.1	Tegangan <i>Mooring</i>	50
5.4	Berat <i>Anchor</i> Pada Kapal FPSO.....	56
5.5	Jumlah <i>Anchor</i> Dan Daya Angkat <i>Anchor</i>	59
5.5.1	Untuk 4 <i>Anchor</i>	59
5.5.2	Untuk 8 <i>Anchor</i>	62
5.6	Posisi Penyebaran <i>Mooring</i> & Posisi Derajat <i>Anchor</i> Dari <i>Center Line</i> 64	
5.6.1	Untuk 4 <i>Anchor</i>	64
5.6.2	Untuk 8 <i>Anchor</i>	68
5.7	Pemilihan <i>mooring</i> dan <i>anchor</i>	70
BAB VI PENUTUP		73
6.1	KESIMPULAN	73
6.2	SARAN.....	75
DAFTAR PUSTAKA		77



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Wilayah Laut Natuna	1
Gambar 2. 1 Laut Natuna.....	7
Gambar 2. 2 FPSO (Floating Production Storage and Offloading).....	8
Gambar 2. 3 Side by Side Offloading.....	9
Gambar 2. 4 Tandem Offloading.....	10
Gambar 2. 5 Moda gerak struktur apung.....	11
Gambar 2. 6 Spread Mooring.....	12
Gambar 2. 7 Catenary Mooring & Taut Mooring.....	12
Gambar 2. 8 Turret Mooring.....	13
Gambar 2. 9 Tower Mooring.....	13
Gambar 2. 10 Bouy Mooring.....	14
Gambar 2. 11 Bagian-Bagian pada Anchor.....	16
Gambar 3. 1 Flow Chart.....	20
Gambar 3. 2 Sketsa Tegangan dan Panjang Tali.....	23
Gambar 4. 1 Layout Tata Letak Sumur dengan Kapal FPSO	28
Gambar 4. 2 Shuttle Tanker Amantea.....	29
Gambar 4. 3 Jenis Tanah Laut Natuna.....	38
Gambar 5. 1 Posisi Shuttle Tanker, Supply Vessel dan FPSO.....	40
Gambar 5. 2 Sketsa FPSO 3D 8 Mooring.....	40
Gambar 5. 3 Sketsa FPSO 3D 4 Mooring.....	41
Gambar 5. 4 Mode Gerak FPSO Light Load 0° Tanpa Mooring.....	42
Gambar 5. 5 Mode Gerak FPSO Light Load 90° Tanpa Mooring.....	42
Gambar 5. 6 Mode Gerak FPSO Light Load 180° Tanpa Mooring.....	42
Gambar 5. 7 Mode Gerak FPSO Full Load 0° Tanpa Mooring.....	43
Gambar 5. 8 Mode Gerak FPSO Full Load 90° Tanpa Mooring.....	43
Gambar 5. 9 Mode Gerak FPSO Full Load 180° Tanpa Mooring.....	44
Gambar 5. 10 Mode Gerak FPSO Light Load 0° dengan Mooring.....	45
Gambar 5. 11 Mode Gerak FPSO Light Load 90° dengan Mooring.....	45
Gambar 5. 12 Mode Gerak FPSO Light Load 180° dengan Mooring.....	45
Gambar 5. 13 Mode Gerak FPSO Full Load 0° dengan Mooring.....	46
Gambar 5. 14 Mode Gerak FPSO Full Load 90° dengan Mooring.....	46

Gambar 5. 15 Mode Gerak FPSO Full Load 180° dengan Mooring.....	47
Gambar 5. 16 Mooring 1 Putus.....	48
Gambar 5. 17 Stabilitas FPSO Jika 1 Mooring Putus.....	48
Gambar 5. 18 Mooring 2 Putus.....	49
Gambar 5. 19 Stabilitas FPSO Jika 2 Mooring Putus.....	49
Gambar 5. 20 FPSO dengan 4 Mooring.....	51
Gambar 5. 21 Tegangan 4 Mooring saat heading 0.....	51
Gambar 5. 22 Tegangan 4 Mooring saat heading 90.....	52
Gambar 5. 23 Tegangan 4 Mooring saat heading 180.....	52
Gambar 5. 24 Tegangan 4 Mooring saat heading 270.....	53
Gambar 5. 25 FPSO dengan 8 Mooring.....	53
Gambar 5. 26 Tegangan 8 Mooring saat heading 0.....	54
Gambar 5. 27 Tegangan 8 Mooring saat heading 90.....	54
Gambar 5. 28 Tegangan 8 Mooring saat heading 180.....	55
Gambar 5. 29 Tegangan 8 Mooring saat heading 270.....	55
Gambar 5. 30 Jenis Rantai yang digunakan.....	57
Gambar 5. 31 Spesifikasi Jangkar yang digunakan.....	58
Gambar 5. 32 FPSO 4 Mooring.....	59
Gambar 5. 33 Anchor Lift Untuk 4 Anchor saat heading 0.....	60
Gambar 5. 34 Anchor Lift Untuk 4 Anchor saat heading 90.....	60
Gambar 5. 35 Anchor Lift Untuk 4 Anchor saat heading 180.....	61
Gambar 5. 36 Anchor Lift Untuk 4 Anchor saat heading 270.....	61
Gambar 5. 37 FPSO 8 Mooring.....	62
Gambar 5. 38 Anchor Lift Untuk 8 Anchor saat heading 0.....	62
Gambar 5. 39 Anchor Lift Untuk 8 Anchor saat heading 90.....	63
Gambar 5. 40 Anchor Lift Untuk 8 Anchor saat heading 180.....	63
Gambar 5. 41 Anchor Lift Untuk 8 Anchor saat heading 270.....	64
Gambar 5. 42 FPSO untuk 4 Mooring.....	65
Gambar 5. 43 Laid Lenght 4 Mooring saat heading 0.....	66
Gambar 5. 44 Laid Lenght 4 Mooring saat heading 90.....	66
Gambar 5. 45 Laid Lenght 4 Mooring saat heading 180.....	67
Gambar 5. 46 Laid Lenght 4 Mooring saat heading 270.....	67

Gambar 5. 47 untuk 8 Mooring.....	68
Gambar 5. 48 Laid Lenght 8 Mooring saat heading 0.....	68
Gambar 5. 49 Laid Lenght 8 Mooring saat heading 90.....	69
Gambar 5. 50 Laid Lenght 8 Mooring saat heading 180.....	69
Gambar 5. 51 Laid Lenght 8 Mooring saat heading 270.....	70



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Faktor Lingkungan Abdul Rozak,dkk (2017)	19
Tabel 4. 1 Data Spesifikasi Rantai Kapal FPSO Surya Putra Jaya	33
Tabel 4. 2 Data Kapal FPSO Surya Putra Jaya pada posisi Full Load.....	33
Tabel 4. 3 Deskripsi statistik tinggi dan periode gelombang selama tahun 2008-2017.....	34
Tabel 4. 4 Persentase Tinggi dan Arah Gelombang selama 10 Tahun 2008-2017	34
Tabel 4. 5 Data Gelombang 1 , 10 dan 100 tahun Laut Natuna.....	35
Tabel 4. 6 Data Kecepatan Angin sepanjang Tahun	37
Tabel 4. 7 Data kecepatan angin 1 , 10 dan 100 tahun Laut Natuna.....	37
Tabel 5. 1 Mode Gerak FPSO Light Load.....	43
Tabel 5. 2 Mode Gerak FPSO Full Load	44
Tabel 5. 3 FPSO Posisi Spread Mooring Light Load	46
Tabel 5. 4 FPSO Posisi Spread Mooring Full Load.....	47
Tabel 5. 5 Safety Factor	50
Tabel 5. 6 Equipment Number ABS	56
Tabel 5. 7 Hasil Interpolasi	56
Tabel 5. 8 Rantai dan Jangkar Equipment Number Catalog Sotra	57
Tabel 5. 9 Spesifikasi Rantai yang digunakan	57
Tabel 5. 10 Spesifikasi Type Rantai yang digunakan	57
Tabel 5. 11 Mass of Anchor.....	58
Tabel 5. 12 Tegangan Mooring.....	71
Tabel 5. 13 Ringkasan Mooring.....	72

DAFTAR SIMBOL

ε	Rengangan
π	Phi
ζ_0	Amplitudo Gelombang
γ	Parameter Puncak
ω	Frekuensi Gelombang
τ	Parameter Bentuk

DAFTAR SINGKATAN

ABS	<i>American Bureau of Shipping</i>
DLKR	Daerah Lingkungan Kerja
DNV	<i>Det Norske Veritas</i>
DWT	Dead Weight Tonnage
EN	Equipment Number
FPSO	Floating Production Storage And Offloading
JONSWAP	<i>Joint North Sea Wave Project</i>
KW	Kilo Watt
NK	Nippon Kaiji Kyokai
TCT	<i>Trillion Cubic Feet</i>