

**STUDI PENAMBAHAN PILAR PADA SISTEM SEATING MODULE FPSO
SURYA PUTRA JAYA**

Skripsi

*Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Pada Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin*



disusun oleh:

MUHAMMAD FARID PAJAMA

D031 17 1321

DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2022

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat dalam mengikuti Seminar dan Ujian Akhir guna memperoleh gelar Sarjana Teknik Perkapalan Program Studi Strata Satu (S1) pada Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Makassar

Judul Skripsi

STUDI PENAMBAHAN PILAR PADA SISTEM SEATING MODULE FPSO SURYA PUTRA JAYA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

Disusun Oleh :

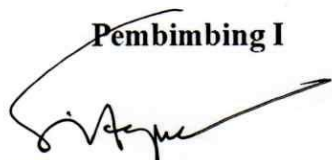
Muhammad Farid Pajama

D031171321

Gowa, 29. Maret 2022

Telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing I



Dr. Ir. Ganding Sitepu, Dipl.-Ing.

Nip. 19600425 198811 1 001

Pembimbing II

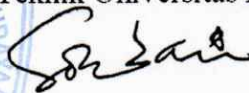


Hamzah, ST., MT.

Nip. 19800618 200501 1 004

Mengetahui,

Ketua Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin



Dr. Eng. Suandar Baso, ST., MT.

Nip. 19730206 200012 1 002



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : **Muhammad Farid Pajama**
NIM : **D031 17 1321**
Program Studi : **Teknik Perkapalan**
Jenjang : **S1**

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul :

**“Studi Penambahan Pilar Pada Sistem *Seating Module*
FPSO Surya Putra Jaya”**

Adalah karya tulisan saya sendiri, bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, Maret 2022

Yang Menyatakan,



Muhammad Farid Pajama

ABSTRAK

Pajama, M. Farid. 2022 “Studi Penambahan Pilar Pada Sistem *Seating Module* FPSO Surya Putra Jaya” (dibimbing oleh **Ganding Sitepu** dan **Hamzah**).

Floating Production Storage and Offloading (FPSO) adalah anjungan terapung yang berfungsi untuk mengolah atau memisahkan minyak mentah, gas, dan air dari sumber sumur produksi. FPSO PTAP ONE sudah tidak aktif dan discrap, namun proses module pada FPSO PTAP ONE masih dapat digunakan dan akan dipindahkan pada FPSO Surya Putra Jaya. Topside module dipasang di atas dudukan (*seating module*). *Seating module* ditopang oleh pilar dan brace. Saat peletakan proses module pada *seating module* FPSO Surya Putra Jaya terjadi ketidakstabilan sehingga diperlukan tambahan pilar, tambahan pilar sebanyak 17 pilar. Jumlah dan peletakan pilar tambahan berpengaruh terhadap kekuatan *seating module*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana respon kekuatan struktur *seating module* sebelum dan sesudah ditambahkan pilar tambahan dan di mana pilar tambahan yang tidak perlu ditambahkan. Beban yang bekerja pada penelitian ini adalah beban statis dari topside module dan beban akibat percepatan. Dalam penelitian ini pemodelan dilakukan menggunakan *software Autodesk AutoCad 2017* dan simulasi numerik menggunakan metode elemen hingga dengan bantuan *software ANSYS Workbench 19.2*. Berdasarkan hasil dari penelitian ini, tambahan pilar perlu dilakukan, namun 2 tambahan pilar tidak perlu dilakukan di (fr. 68, CL+3240) dan (fr. 68, CL-4050).

Kata Kunci: FPSO, *seating module*, pilar, respon.

ABSTRACT

Pajama, M. Farid. 2022 “*Study of Additional Pilar on Seating Module FPSO Surya Putra Jaya*” (supervised by **Ganding Sitepu** and **Hamzah**).

Floating Production Storage and Offloading (FPSO) is a floating platform that functions to process or separate crude oil, gas, and water from production wells. The PTAP ONE FPSO is no longer active and has been scrapped, but the module process on the PTAP ONE FPSO can still be used and will be moved to Surya Putra Jaya FPSO. Topside module is mounted on seating module. The seating module is supported by pillars and braces. When placing the process module on the FPSO Surya Putra Jaya seating module, instability occurs, so additional pillars are needed, the numbers of additional pillars is 17 pillars. The number and placement of additional pillars affect the strength of the seating module. This study aims to find out how the strength response of the seating module structure is before and after adding additional pillars and where additional pillars do not need to be added. The load that works in this research is the static load from the topside module and the load due to acceleration. In this study, modeling use Autodesk AutoCad 2017 software and numerical simulations using the finite element method with the help of ANSYS Workbench 19.2 software. Based on the results of this study additional pillars need to be done, but 2 additional pillars do not need to be done at (fr. 68, CL+3240) and (fr. 68, CL-4050).

Keywords : FPSO, seating module, pillar, response.

KATA PEGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur kehadiran Allah *subhanahu wa ta'ala*, atas berkat rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “**Studi Penambahan Pilar pada Sistem Seating Module FPSO Surya Putra Jaya**”. Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan studi stara satu (S1) di Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin. Serta shalawat dan salam selalu tercurahkan kepada *Rasulullah* Muhammad *Shallallahu 'alaihi wasallam*.

Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini terdapat berbagai macam hambatan, namun semuanya dapat teratasi berkat bantuan, bimbingan, kritik dan saran dari berbagai pihak. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini jauh dari kata sempurna dan masih banyak kekurangan. Sehingga penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran yang membangun demi kesempurnaan tulisan ini.

Penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua penulis, Ayahanda **Syahrudin Ismail** dan Ibunda **Wahdah** yang senantiasa mendoakan, mendukung, dan memberikan kepercayaan atas setiap proses yang penulis jalani. Saudara-saudari penulis, Anisah Luthfiyah S. Pajama, Hanif Ubaidillah Pajama, dan Abdullah Faqih Pajama yang menjadi kawan penulis tumbuh bersama. Penulis juga ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak **Dr., Ir., Ganding Sitepu, Dipl-Ing.** selaku Ketua Laboratorium Struktur Kapal serta Pembimbing I dan Bapak **Hamzah, ST., MT.** selaku pembimbing II serta dosen laboratorium struktur.
2. Ibu **Dr. Eng., Andi Ardianti, ST., MT.** selaku dosen laboratorium struktur serta penguji dan Ibu **Dr., Ir., Hj. Misliah, MS.Ti.** selaku penguji.
3. Bapak **Dr. Eng., Suandar Baso, ST., MT.** selaku Ketua Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin dan selaku penasehat akademik penulis.

4. Bapak Ibu dosen Departemen Teknik Perkapalan yang telah mengajar penulis
5. Keluarga PT. Tristar Marine yang telah membantu dan mengajarkan penulis.
6. Seluruh staff Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang selalu membantu segala administrasi selama kuliah.
7. Tante dan Om yang telah banyak berjasa memberikan perhatian sebagai orang tua selama berkuliah di Makassar.
8. Sepupu-sepupu yang telah banyak menemani dan membantu penulis.
9. Teman-teman seperjuangan Laboratorium Struktur 2017. Wardi, Amanul, Alifah, dan Wiah.
10. Teman-teman SAVAGE yang selalu menunda-nunda dan khususnya teman-teman satu atap yaitu Ridwan, Akbar, Wardi, dan Firdaus yang selalu memberi bantuan dan dukungan.
11. Teman-teman Naval Architecture 2017 yang menemani selama berkuliah.
12. Senior junior yang telah bersedia berdiskusi dan berbagi ilmu.
13. Teman-teman STRONG yaitu Faibe, Ridwan, Akmal, Aurel, Ara, dan Dea yang selalu berbagi cerita dan diskusi.
14. Dan juga semua pihak baik secara langsung maupun tidak langsung yang memiliki peranan dan kontribusi yang sangat penting dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak.

Gowa, Januari 2022

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
ABSTRAK	iv
KATA PEGANTAR	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	1
1.3. Batasan Masalah.....	1
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
1.6. Sistematika Penulisan.....	2
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Floating Production Storage and Offloading (FPSO)	3
2.2. Pilar	5
2.3. Pembebanan.....	7
2.3.1. Beban Statis.....	7
2.3.2. Beban Akibat Pengaruh Percepatan	7
2.4. Tegangan	9
2.5. Regangan	11
2.6. Ansys	12

2.7. Metode Elemen Hingga.....	12
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	23
3.1. Jenis Penelitian	23
3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	23
3.3. Data Penelitian	23
3.4. Prosedur Penelitian.....	24
3.4.1. Pengumpulan Data	24
3.4.2. Pengolahan Data.....	24
3.5. Kerangka Alur Pemikiran.....	31
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
4.1. Pembebanan pada Struktur	32
4.1.1. Beban Statis.....	32
4.1.2. Beban Akibat Percepatan	32
4.2. Variasi Pembebanan	37
4.3. Analisis Kekuatan Struktur Seating Module	37
4.3.1. Pembebanan 1	37
4.3.2. Pembebanan 2	43
4.3.3. Pembebanan 3	49
4.3.4. Pembebanan 4	55
4.3.5. Pembebanan 5	61
4.4. Analisis Kekuatan <i>Seating Module</i> Tanpa Tambahan Pilar di (fr. 68, CL+3240) dan (fr. 68, CL-4050)	67
4.4.1. Pembebanan 1	68
4.4.2. Pembebanan 2	70
4.4.3. Pembebanan 3	72

4.4.4. Pembebanan 4	75
4.4.5. Pembebanan 5	77
4.5. Grafik Hubungan Tambahan Pilar Terhadap Tegangan dan Deformasi Total	80
BAB 5 PENUTUP	93
5.1. Kesimpulan	93
5.2. Saran.....	93
DAFTAR PUSTAKA	94

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Koefisien Percepatan Transversal.....	34
Tabel 4.2 Koefisien Percepatan Vertikal	35
Tabel 4.3 Beban Akibat Pengaruh Percepatan.....	36
Tabel 4.4 Variasi Pembebanan pada Struktur <i>Seating Module</i>	37
Tabel 4.5 Hasil Tegangan Normal X	80
Tabel 4.6 Hasil Tegangan Normal Y	82
Tabel 4.7 Hasil Tegangan Normal Z.....	83
Tabel 4.8 Hasil Tegangan Geser XY	85
Tabel 4.9 Hasil Tegangan Geser YZ.....	86
Tabel 4.10 Hasil Tegangan Geser XZ.....	88
Tabel 4.11 Hasil Tegangan Von Mises Maksimum.....	89
Tabel 4.12 Hasil Deformasi Total.....	91

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 FPSO PTAP ONE	3
Gambar 2.2 Topside Proses Module FPSO Surya Putra Jaya	4
Gambar 2.3 Transverse Section Topside Module	4
Gambar 2.4 Midship Construction di ordinary frame	5
Gambar 2.5 konstruksi pilar	6
Gambar 2.6 tegangan normal pada batang	9
Gambar 2.7 tegangan geser balok dengan penampang persegi panjang	10
Gambar 2.8 Sumbu-sumbu x_1 dan y_1 yang berputar sebesar sudut θ dari sumbu-sumbu xy	11
Gambar 2.9 Aproksimasi solusi keseluruhan diperoleh dari gabungan solusi-solusi elemen	13
Gambar 2.10 (a) mesh metode perbedaan hingga, (b) elemen segitiga, (c) elemen segiempat (\bullet adalah titik mesh nodes)	14
Gambar 2.11 Beberapa bentuk dasar elemen hingga	16
Gambar 2.12 Bentuk elemen padat Tetrahedra	17
Gambar 3.1 Sketsa seating module 2D	24
Gambar 3.2 Struktur seating module 3D	25
Gambar 3.3 Struktur seating module tanpa penambahan pilar	26
Gambar 3.4 Struktur seating module dengan penambahan pilar	27
Gambar 3.5 Properti Material Model	27
Gambar 3.6 Hasil meshing struktur seating module	28
Gambar 3.7 Fixed Support pada model	29
Gambar 3.8 Pembebanan pada seating module	29
Gambar 3.9 hasil solving yang berhasil	30
Gambar 4.1 Kontur tegangan von mises pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar pembebanan 1	38

Gambar 4.2 Kontur tegangan von mises pada <i>seating module</i> kondisi tambahan pilar pembebanan 1	39
Gambar 4.3 Kontur tegangan maksimum terendah pada pilar tambahan <i>seating module</i> pembebanan 1.....	39
Gambar 4.4 Kontur deformasi pada <i>seating module</i> kondisi tambahan pilar pembebanan 1.....	43
Gambar 4.5 Kontur deformasi pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar pembebanan 1.....	43
Gambar 4.6 Kontur tegangan von mises pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar pembebanan 2.....	44
Gambar 4.7 Kontur tegangan von mises pada <i>seating module</i> kondisi tambahan pilar pembebanan 2	45
Gambar 4.8 Kontur tegangan maksimum terendah pada pilar tambahan <i>seating module</i> pembebanan 2.....	45
Gambar 4.9 Kontur deformasi pada <i>seating module</i> dengan penambahan pilar pembebanan 2.....	49
Gambar 4.10 Kontur deformasi pada <i>seating module</i> tanpa penambahan pilar pembebanan 2.....	49
Gambar 4.11 Kontur tegangan von mises pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar pembebanan 3.....	50
Gambar 4.12 Kontur tegangan von mises pada <i>seating module</i> kondisi tambahan pilar pembebanan 3	51
Gambar 4.13 Kontur tegangan maksimum terendah pada pilar tambahan <i>seating module</i> pembebanan 3.....	51
Gambar 4.14 Kontur deformasi pada <i>seating module</i> kondisi tambahan pilar pembebanan 3.....	55
Gambar 4.15 Kontur deformasi pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar pembebanan 3.....	55
Gambar 4.16 Kontur tegangan von mises pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar pembebanan 4.....	56

Gambar 4.17 Kontur tegangan von mises pada <i>seating module</i> kondisi tambahan pilar pembebanan 4	57
Gambar 4.18 Kontur tegangan maksimum terendah pada pilar tambahan <i>seating module</i> pembebanan 4.....	57
Gambar 4.19 Kontur deformasi pada <i>seating module</i> kondisi tambahan pilar pembebanan 4.....	61
Gambar 4.20 Kontur deformasi pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar pembebanan 4.....	61
Gambar 4.21 Kontur tegangan von mises pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar pembebanan 5.....	62
Gambar 4.22 Kontur tegangan von mises pada <i>seating module</i> dengan penambahan pilar pembebanan 5	63
Gambar 4.23 Kontur tegangan maksimum terendah pada pilar tambahan <i>seating module</i> pembebanan 5.....	63
Gambar 4.24 Kontur deformasi pada <i>seating module</i> kondisi tambahan pilar pembebanan 5.....	67
Gambar 4.25 Kontur deformasi pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar pembebanan 5.....	67
Gambar 4.26 Kontur tegangan von mises pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar di (fr. 68, CL+3240) dan (fr. 68, CL-4050) pembebanan 1	69
Gambar 4.27 Kontur deformasi total pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar di (fr. 68, CL+3240) dan (fr. 68, CL-4050) pembebanan 1	70
Gambar 4.28 Kontur tegangan von mises pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar di (fr. 68, CL+3240) dan (fr. 68, CL-4050) pembebanan 2	71
Gambar 4.29 Kontur deformasi total pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar di (fr. 68, CL+3240) dan (fr. 68, CL-4050) pembebanan 2.....	72
Gambar 4.30 Kontur tegangan von mises pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar di (fr. 68, CL+3240) dan (fr. 68, CL-4050) pembebanan 3	74
Gambar 4.31 Kontur deformasi total pada <i>seating module</i> kondisi tanpa tambahan pilar di (fr. 68, CL+3240) dan (fr. 68, CL-4050) pembebanan 3.....	75

Gambar 4.32 Kontur tegangan von mises pada seating module kondisi tanpa tambahan pilar di (fr. 68, CL+3240) dan (fr. 68, CL-4050) pembebanan 4	76
Gambar 4.33 Kontur deformasi total pada seating module kondisi tanpa tambahan pilar di (fr. 68, CL+3240) dan (fr. 68, CL-4050) pembebanan 4.....	77
Gambar 4.34 Kontur tegangan von mises pada seating module kondisi tanpa tambahan pilar di (fr. 68, CL+3240) dan (fr. 68, CL-4050) pembebanan 5	79
Gambar 4.35 Kontur deformasi total pada seating module kondisi tanpa tambahan pilar di (fr. 68, CL+3240) dan (fr. 68, CL-4050) pembebanan 5.....	80
Gambar 4.36 Diagram perubahan tegangan normal X terhadap tiap pembebanan	81
Gambar 4.37 Diagram perubahan tegangan normal Y terhadap tiap pembebanan	83
Gambar 4.38 Diagram perubahan tegangan terhadap tiap pembebanan.....	84
Gambar 4.39 Diagram perubahan tegangan terhadap tiap pembebanan.....	86
Gambar 4.40 Diagram perubahan tegangan terhadap tiap pembebanan.....	87
Gambar 4.41 Diagram perubahan tegangan terhadap tiap pembebanan.....	89
Gambar 4.42 Diagram perubahan tegangan terhadap tiap pembebanan.....	90
Gambar 4.43 Diagram perubahan deformasi terhadap tiap pembebanan	92

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dalam perjalanan waktu, struktur bangunan semakin melemah sehingga tidak dapat digunakan. Begitu juga dengan kapal, dengan umur yang sudah panjang ada saatnya kapal tersebut diistirahatkan, salah satunya adalah *Floating Production Storage and Offloading (FPSO) PTAP ONE*. Namun unit produksi (*prosess module*) yang terpasang pada PTAP ONE masih dapat digunakan dan direncanakan dipindahkan ke *Floating Storage Offloading (FSO) SURYA PUTRA JAYA*. Pemindahan unit produksi membutuhkan kalkulasi struktur pendukung untuk mengetahui kekuatan instalasi tempat pemasangan unit tersebut kuat.

Saat peletakan unit produksi (*topside module*), struktur penumpu unit (*seating module*) tersebut pada Surya Putra Jaya mengalami ketidakstabilan sesaat, yang terjadi saat peletakan unit produksi. Akibat dari kejadian tersebut, untuk memperkuat struktur *seating module*, owner memutuskan untuk menambahkan pilar. Berdasarkan keputusan owner tersebut, seharusnya ada pertimbangan kalkulasi apakah diperlukan penambahan pilar pada *seating module*. Berdasarkan permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan studi berjudul “Studi Penambahan Pilar pada Sistem *Seating Module* FPSO Surya Putra Jaya”.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disebutkan sebelumnya, maka rumusan masalah pada penelitian ini yaitu :

1. Bagaimana respon struktur *seating module* sebelum dan sesudah ditambahkan pilar?
2. Apakah penambahan pilar diperlukan?

1.3. Batasan Masalah

Agar penelitian ini terarah, maka penulis mebatasi masalah pada :