

Analisis Kekuatan Struktur pada Kondisi Lifting dengan menggunakan Dua Crane (Studi Kasus: Module Gas Compressor Project FPSO Marline Natuna, Batam)

Edi Junaedi¹, Era Agita Kabdiyono²
Universitas Dian Nusantara

Article History

Received : 2026-03-07
Revised : 2026-04-23
Accepted : 2026-05-29
Published : 2026-07-27

Corresponding author*:

era.agita.k@undira.ac.id

Cite This Article: Edi Junaedi, & Agita Kabdiyono, E. (2026). Analisis Kekuatan Struktur pada Kondisi Lifting dengan menggunakan Dua Crane (Studi Kasus: Module Gas Compressor Project FPSO Marline Natuna, Batam) . Jurnal Teknik Dan Science, 5(2), 122–130.

DOI:

<https://doi.org/10.56127/jts.v5i2.2970>

Abstract: Lifting is a common activity in fabrication and construction processes. It is a hazardous activity; failure during the lifting process can cause permanent damage to the products or structures being worked on. Furthermore, failure during the lifting process can endanger worker safety and even jeopardize the entire project. Lifting operations require not only calculations of the lifting equipment's capacity—such as cranes and supporting tools like slings and shackles—but also an assessment of structural strength. Therefore, structural analysis under lifting conditions is essential; errors in planning can have severe consequences for the project. The planning stages are carried out using STAADpro software, starting from geometric modeling through to inputting parameters in accordance with applicable standards and regulations, such as the load magnification factor specified in DNVGL-ST -N001 Marine Operations and Marine Warranty, and the results of the analysis using STAADpro are re-verified through manual calculations in accordance with SNI 1729-2020 Specifications for Structural Steel Buildings. This verification process is carried out to ensure that the numerical analysis results obtained meet the requirements for strength, stability, and structural performance in accordance with design standards.

Keywords: structural analysis, lifting, STAADpro lifting Gear, Response Structure.

PENDAHULUAN

Module Package ini umumnya merupakan peralatan untuk kebutuhan eksplorasi Minyak dan Gas Bumi, dengan demikian metode konstruksi modular ini sangat efektif dan efisien khususnya untuk pekerjaan area lepas pantai karena sebagian besar pekerjaan sudah terselesaikan di luar area *project*.

Salah satu tahapan pada proses konstruksi sebuah module adalah Stacking yaitu kegiatan menyusun atau menginstal bagian demi bagian struktur dan peralatan produksi tersebut dengan menggunakan alat berat berupa crane atau biasa disebut *lifting*, oleh karena itu *Lifting* merupakan pekerjaan yang sangat krusial dalam konstruksi sebuah Module Package yang menentukan keamanan dan keberhasilan integrasi pada struktur Module Package.

KAJIAN TEORITIS

Lifting merupakan kegiatan mengangkat, memindahkan dan menurunkan barang dari satu tempat ke tempat yang lainya dengan bantuan alat. *Lifting* merupakan salah satu kegiatan yang berbahaya sehingga pada proses *lifting* struktur dibutuhkan analisa untuk

melihat respon dari struktur tersebut dan juga sebagai bagian dari *HSE (Health Safety Environment)* untuk melindungi pekerja dari bahaya akibat kegagalan pada proses *lifting*.

Structure harus di analisa pada kondisi *lifting* dengan mengacu pada referensi standar *code / recommended practice*, selain kerusakan yang mungkin terjadi pada struktur, saat kegiatan *lifting* harus mempertimbangkan faktor keamanan.

Analisis kekuatan struktur di lakukan untuk

1. Menghitung nilai atau gaya yang bekerja pada sling sebagai bahan pertimbangan untuk menentukan alat bantu angkat atau *lifting gear*.
2. Menganalisis terhadap respon struktur saat proses *lifting* untuk memastikan keamanan dan menghindari kerusakan pada Struktur
3. Menghitung lendutan maksimum pada struktur saat proses *lifting*

Pembebanan

Center Of Gravity Factor

Selain beban, gaya yang terjadi juga harus diperhatikan. Seperti gaya yang terjadi akibat pergeseran titik berat atau COG (*center of gravity*) Sebesar 1,05.

Dynamic Amplitude Factor

DAF (*Dynamic Amplitude Factor*) adalah faktor beban pada beban dinamis dijadikan faktor beban statis, pada Struktur sebesar 1,05.

Consequence Factor

Consequence Factor adalah faktor pembesaran beban yang diterapkan untuk ditetapkan pada setiap struktur yang terhubung dengan titik angkat sebesar 1,03 dan tidak terhubung dengan titik angkat sebesar 1,15.

Skew Load Factor

Skew Load Factor adalah faktor untuk mengantisipasi tidak bekerjanya sling dengan baik sehingga distribusi beban dialihkan kepada sling yang lainnya sebesar 1,25.

Tilt & Yaw

Tilt adalah efek kemiringan akibat proses pengangkatan akibat penggunaan dua *crane* Faktor pembesaran beban akibat efek tilt harus diterapkan 1,05.

Yaw adalah rotasi akibat pergerakan dua *crane* faktor untuk memperhitungkan pembesaran beban akibat efek yaw harus diterapkan 1,05.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada *Project Module Gas Compressor FPSO Marline Natuna Batam Kepulauan Riau*, dipilihnya project ini sebagai bahan penelitian karena project ini memiliki kompleksitas yang sangat tinggi dan kegiatan *lifting* yang *massive*.

Yang di mana pada proses fabrikasi dan konstruksi terdapat tiga bagian struktur yang utama yaitu struktur Level 1, Level 2, dan Level 3, setiap struktur utama tersebut nantinya akan di instalasi sesuai dengan urutannya.

Penelitian ini Analisis *lifting* pada struktur *Module Gas Compressor Package* sesuai dengan batasan masalah hanya dilakukan pada struktur level Tiga (3) yang merupakan proses *Lifting* terakhir dalam susunan struktur utama.

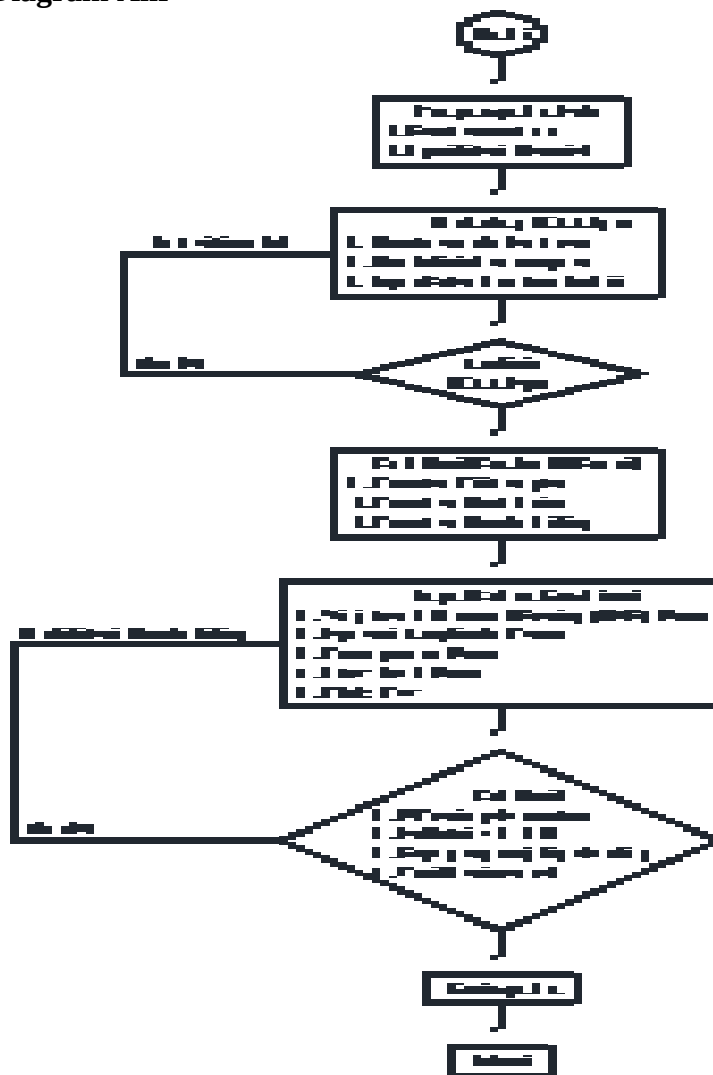
1. Metode Lifting

Penelitian ini menerapkan metode 6 titik angkat dan dengan menggunakan dua *crane*, yang dipilih berdasarkan konfigurasi struktur dan kebutuhan distribusi gaya yang merata pada titik-titik angkat. Penempatan titik angkat ditentukan dengan mempertimbangkan

posisi pusat gravitasi (center of gravity) yang didapat dari hasil analisis menggunakan software STAADpro.

Penelitian ini dilakukan dengan bantuan software STAADpro yaitu dengan memodelkan geometri struktur sesuai desain rencana, lalu menerapkan pembebanan yang sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan pada kondisi lifting. Setelah model dan pembebanan divalidasi, lalu dilakukan analisis untuk memperoleh gaya dalam, kapasitas struktur serta lendutan yang terjadi pada struktur tersebut berdasarkan hasil dari analisis software STAADpro.

2. Diagram Alir



Gambar 1. Model STAADpro

Sumber: Data Pribadi 2026

HASIL DAN PEMBAHASAN

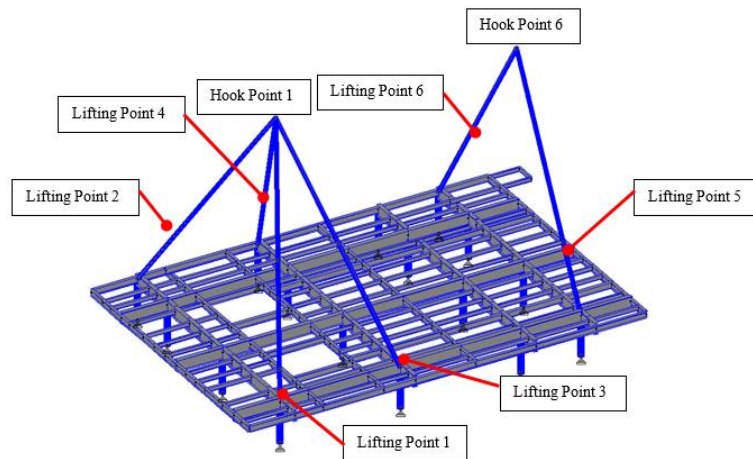
Studi ini melakukan evaluasi kekuatan Struktur *module package* dalam tahapan instalasi Level 3. Analisis ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan struktur

guna menjamin keamanan operasional pada saat proses pengangkatan dan pemasangan berlangsung.

1. Pemodelan Dengan STAADpro

Model struktur dibuat berdasarkan gambar teknik modul gas compressor pada proyek FPSO Marline Natuna. Struktur dimodelkan sebagai elemen frame (beam) yang merepresentasikan:

1. *Main frame*
2. Titik angkat (*padeye/lifting lug*)
3. *Hook Point*



Gambar 2. Model STAADpro
Sumber: Data Pribadi 2026

2. Pembebanan

Pembebanan yang diterapkan dalam model meliputi:

a. Beban sendiri

Beban sendiri komponen struktural diakomodasi secara otomatis dan analisis dengan bantuan *software* STAAD.Pro. berdasarkan properti penampang dan material .

b. Faktor Pembesaran Beban

Factor pembesaran beban menurut parameternya dibagi menjadi 3:

- 1) Beban sling maksimal digunakan untuk mengambil parameter dalam mendesain sling, padeye dan shackle.
- 2) Beam yang terhubung pada titik angkat digunakan untuk mengambil parameter evaluasi struktur yang berkaitan langsung atau terhubung dengan titik angkat.
- 3) Beam yang tidak terhubung pada titik angkat digunakan untuk mengambil parameter evaluasi struktur yang tidak berkaitan langsung atau tidak terhubung dengan titik angkat.

Tabel 1. Faktor Pembesaran Beban

Tag	<i>Selfweight</i>	<i>C.O.G Factor</i>	<i>Dinamic Amplitude Factor</i>	<i>Consequence Factor</i>	<i>Skew Load Factor</i>	<i>Tilt Factor</i>	<i>Yaw Factor</i>	Total
1	1.05	1.05	1.1	-	1.25	1.05	1.05	1.671
2	1.05	1.05	1.1	1.3	1.25	1.05	1.05	2.173

3	1.05	1.05	1.1	1.15	1.25	1.05	1.05	1.830
---	------	------	-----	------	------	------	------	--------------

Sumber: Data Pribadi 2026

3. Hasil Analisis STAADpro

Dalam prosedur analisis teknis pengangkatan (*lifting analysis*), penentuan berat struktur merupakan tahapan fundamental yang menentukan tingkat keamanan operasional.

Tabel 2. Hasil analisis Beban sendiri STAADpro

Structure	Condition	Actual Weight	Contingencie	Actual Weight With Contingencies
Module Package Level 3	Selfweight	32.99 (ton)	1.05	34.65 (ton)

Sumber: Data Pribadi 2026

a. Center of Gravity (C.o.G)

Selain besaran massa, penentuan *Center of Gravity* (CoG) yang dihasilkan oleh STAAD.Pro menjadi kritikal. Lokasi CoG menentukan distribusi tegangan pada setiap titik angkat (*lifting point*).

Hasil analisis Center of gravity dengan bantuan Software STAADpro ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 3. Center of Gravity analisis STAADpro

Structure	Center of Gravity (m)	
	X	Z
Module Package Level 3	10.2083	7.1007

Sumber: Data Pribadi 2026

b. Beban Sling Maksimum

Berdasarkan analisis dengan bantuan Software STAADpro ditunjukkan beban sling maksimum (*maximum sling load*) ditunjukkan secara sistematis dalam tabel dibawah ini:

Tabel 4. Beban sling maksimum STAADpro

Type Titik angkat	Faktor Pembebanan	Nomer Beam	Nomer Sling	Beban (Kn)
Padeye	Beban sling maksimum	312	1	92.315
Padeye	Beban sling maksimum	311	2	102.774
Padeye	Beban sling maksimum	313	3	139.601
Padeye	Beban sling maksimum	314	4	112.803
Padeye	Beban sling maksimum	316	5	123.598
Padeye	Beban sling maksimum	315	6	107.295

Sumber: Data Pribadi 2026

c. Beam Yang Terhubung Pada titik angkat

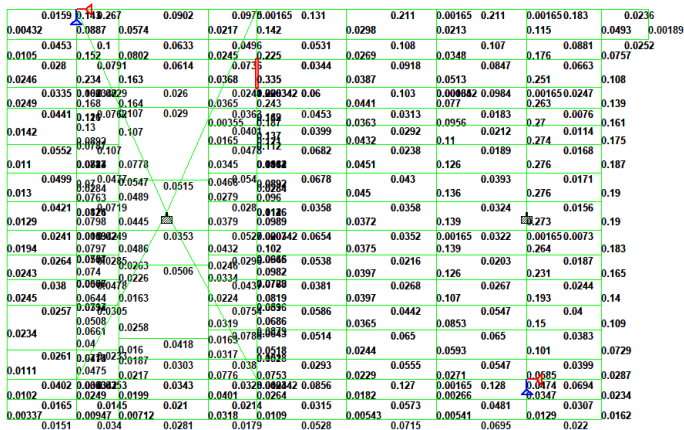
Ratio Tegangan Maximum

Rasio tegangan maksimum (*maximum stress ratio*) yang diperoleh pada elemen batang yang terhubung dengan *padeye* dievaluasi berdasarkan kondisi pembebanan yang bekerja. dengan mempertimbangkan faktor pembesaran beban LC 2 sebesar 2,173.

Tabel 5. *UC ratio* Beam yang terhubung pada titik angkat STAADpro

Lokasi	No Beam	Material	Faktor Pembebanan	UC Ratio
Module package level 3	149	W 24 x 76	LC 2	0.335

Sumber: Data Pribadi 2026



Gambar 3. *UC ratio* Beam yang terhubung pada titik angkat STAADpro

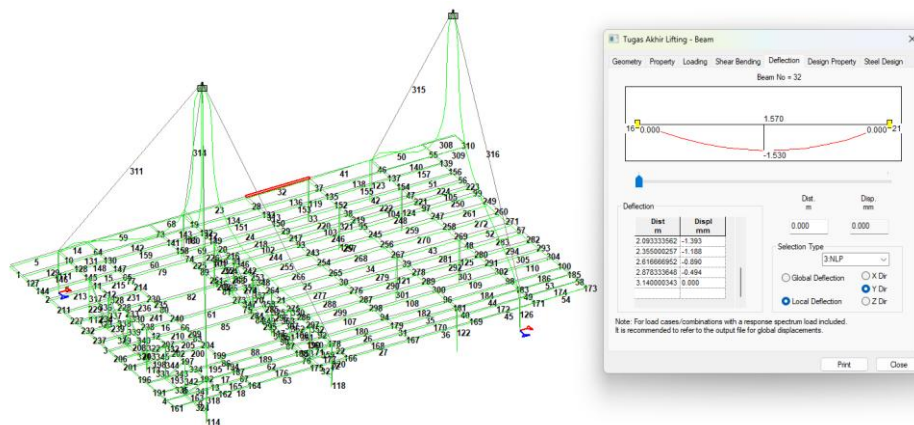
Sumber: Data Pribadi 2026

Lendutan Maksimum
Defleksi atau lendutan maksimum yang terjadi pada elemen batang yang terhubung dengan *padeye* dianalisis berdasarkan kondisi faktor pembesaran beban sebesar 2,173 sesuai dengan ketentuan desain yang berlaku.

Tabel 6. Lendutan Beam yang terhubung pada titik angkat STAADpro

Lokasi	No Beam	Material	Pembebanan	Lendutan (mm)	Panjang batang (m)	Lendutan yang diizinkan (L/200)
Module package level 3	32	W 12 x 35	LC 2	1,57	3,14	15,70

Sumber: Data Pribadi 2026



Gambar 4. Beam yang terhubung pada titik angkat STAADpro
Sumber: Data Pribadi 2026

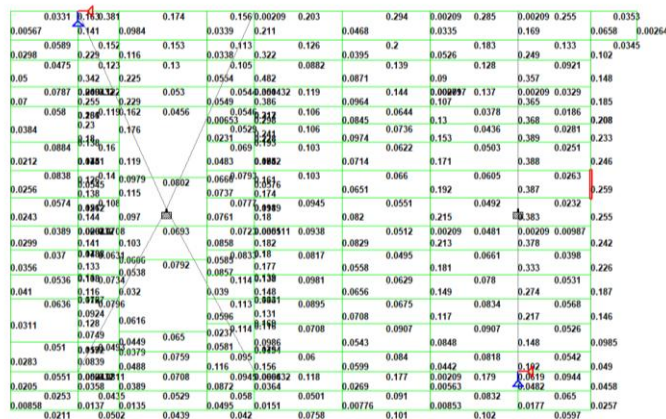
d. Beam Yang Tidak Terhubung Pada titik angkat
Ratio Tegangan Maksimum

Rasio tegangan maksimum (*maximum stress ratio*) yang diperoleh pada elemen batang yang tidak terhubung dengan padeye dievaluasi berdasarkan kondisi pembebanan yang bekerja dengan mempertimbangkan faktor pembesaran beban sebesar 1,830.

Tabel 7. UC ratio Beam yang tidak terhubung pada titik angkat STAADpro

Lokasi	No Beam	Material	Faktor Pembebanan	UC Ratio
Module package level 3	260	W 12 x 35	LC 3	0,259

Sumber: Data Pribadi 2026



Gambar 5. UC ratio Beam yang tidak terhubung pada titik angkat STAADpro
Sumber: Data Pribadi 2026

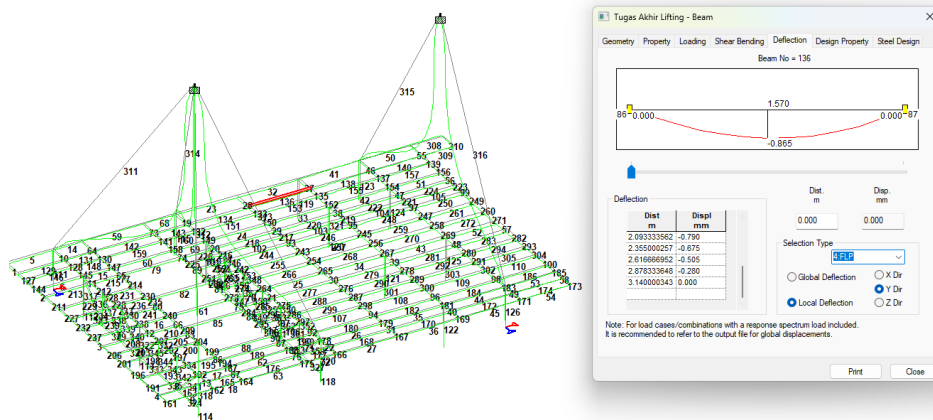
Lendutan Maximum

Lendutan maksimum yang terjadi pada elemen batang yang terhubung dengan padeye dianalisis berdasarkan kondisi faktor pembesaran beban sebesar 1,830.

Tabel 8. Lendutan Beam yang tidak terhubung pada titik angkat STAADpro

Lokasi	No Beam	Material	Pembebanan	Lendutan	Panjang batang (m)	Lendutan yang diizinkan (L/200)
Module package level 3	136	W 12 x 35	LC 3	0.865	3.14	15.7

Sumber: Data Pribadi 2026



Gambar 6. Lendutan Beam yang tidak terhubung pada titik angkat STAADpro
Sumber: Data Pribadi 2026

KESIMPULAN DAN SARAN

a. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari analisis kekuatan struktur pada saat *lifting* studi kasus *Module Gas Compressor Project FPSO Marline Natuna* dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Nilai beban maksimum pada sling terjadi yaitu sebesar 139.601 kN dikarenakan posisi sling paling dekat dengan titik berat atau *Center Of Gravity*.
2. Ratio pada beam yang terhubung pada titik angkat dengan faktor pembesaran beban sebesar 2,173 dengan material W24x76 dengan nilai ratio 0,335
3. Ratio pada beam yang tidak terhubung pada titik angkat dengan faktor pembesaran beban sebesar 1,83 dengan material W12x35 dengan nilai ratio 0,16
4. Lendutan maksimum yang terjadi pada pada beam yang terhubung pada titik angkat adalah 1,53 mm dengan property material W12x35 dan Panjang 3,14 m dengan melihat hasil lendutan tersebut struktur masih dalam batas yang diizinkan karena tidak melebihi dari lendutan yang diizinkan yaitu 15,70 mm.
5. Lendutan maksimum yang terjadi pada pada beam yang tidak terhubung pada titik angkat adalah 0,856 mm dengan material W12x35 dan Panjang 3,14 dengan melihat hasil lendutan tersebut struktur masih dalam batas yang diizinkan karena tidak melebihi dari lendutan yang diizinkan yaitu 15,70 mm.

b. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian maka saran yang disampaikan oleh penulis adalah sebagai berikut:

1. Analisa struktur dengan penggunaan *software* STAADpro lebih baik menggunakan *software* yang asli dan dioperasikan oleh orang yang paham cara penggunaannya agar tidak terjadi kesalahan dalam menganalisis struktur, agar tidak terjadi kekeliruan karena akan berdampak pada *output* atau hasil dari analisis, karena akan berdampak pada kegagalan struktur tersebut.
2. Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengkaji beberapa konfigurasi *rigging* pada titik angkat yang paling efisien dan aman terhadap struktur, dengan memperhatikan kapasitas *crane* atau *lifting equipment* yang tersedia.
3. Kegiatan *lifting* merupakan salah satu aktivitas berisiko tinggi. Kegagalan yang terjadi pada proses *lifting* tidak hanya dapat menimbulkan kerugian ekonomi, tetapi juga berpotensi menyebabkan kecelakaan kerja yang serius hingga mengakibatkan cedera berat atau bahkan kehilangan nyawa. Oleh karena itu, perencanaan, analisis, dan pelaksanaan *lifting* harus dilakukan secara cermat sesuai dengan standar dan prosedur keselamatan yang berlaku.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih banyak kepada pihak yang telah mendukung, membimbing dan dalam proses penyusunan Jurnal khususnya kepada:

1. Bapak Ir. Alizar, MT., selaku Kepala Prodi Teknik Sipil Universitas Dian Nusantara.
2. Ibu Ervina Yulianty, ST., M.T., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan masukan, arahan dan semangat dalam terus maju dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Era Agita Kabdiyono, ST., M.T., selaku Dosen Pembimbing Proposal tugas akhir yang selalu membimbing dan memberikan arahan dalam penyusunan Proposal Tugas Akhir.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga saya sangat menerima kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan

REFERENSI

- Nurfahmi Pramastyo, Sujantoko (2020). Analisis Respon Struktur Pada Proses Lifting. Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Angga Franciska, Trisno Susilo, Zakwan Hilmy, Edi Kurniawan (2023). Design Dan Analisis Lifting Arrangement Yang Optimal Untuk Pengangkatan Project Modul Berri Berlokasi DiPerusahaan Saipem Taqa Al-Rushaid Yard. Program Studi Pendidikan Luar Biasa Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Karimun
- Fadya Dinda Saghadu (2021). Nilai Maksimum Defleksi Dan Pergeseran Center Of Gravity (COG) Pada Proses Lifting Topside. Program Studi Teknik Kelautan Institue Teknologi Sumatera.
- Rahmad Fajar Jamal (2023). Analisa Pengangkatan Modul Topside Dengan Menggunakan Stacking Structure Method. Program Studi Sarjana Teknik Kelautan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Rico Firdani Yuzri, Rudi Walujo Prastianto, dan Nur Syahroni (2023). Analisis Kekuatan Struktur Jacket Dan Konfigurasi Rigging Saat Proses Roll-Up Pada Fase Fabrikasi. Departemen Teknik Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember