



SIDANG TUGAS AKHIR



ANALISIS KEKUATAN PADA REDESAIN *FENDER JETTY* PELABUHAN *FERRY* PENAJAM PASER UTARA

Ir. Destyariani Liana Putri, S.T., M.T.
Luh Putri Adnyani, S.T., M.T., MRINA

Achmad Dwi Risqi
14211001



LATAR BELAKANG.

TEKNIK KELAUTAN.



itk
Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN



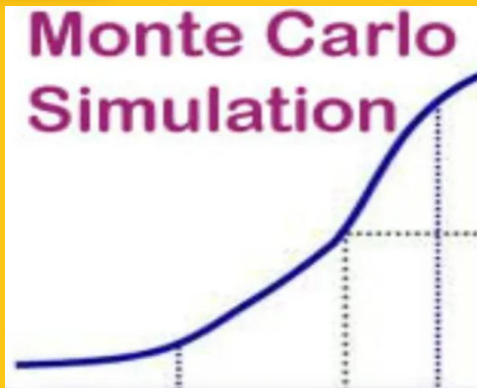
Pelabuhan
Ferry Penajam
Paser Utara



Redesain *Fender*
Pelabuhan *Ferry*
Penajam



Fender



Monte Carlo

RUMUSAN MASALAH.

TEKNIK KELAUTAN.



01

Berapa besar energi *berthing* yang terjadi pada *fender* saat kapal bersandar?

02

Bagaimana hasil deformasi dan tegangan pada *fender* eksisting dan alternatif *fender*?

03

Berapa jarak maksimal dan jumlah *fender* yang dibutuhkan?

04

Bagaimana probabilitas kegagalan *fender* menggunakan simulasi monte carlo?

TUJUAN PENELITIAN.

TEKNIK KELAUTAN.



itk
Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

01

Untuk dapat mengetahui besar energi *berthing* yang terjadi pada *fender* saat kapal bersandar.

02

Untuk mendapatkan hasil deformasi dan tegangan yang optimal pada *fender*.

03

Untuk mengetahui jarak dan jumlah *fender* yang sesuai.

04

Untuk mengetahui probabilitas kegagalan pada *fender* menggunakan simulasi *monte carlo*.

MANFAAT PENELITIAN. BATASAN

TEKNIK KELAUTAN.



itk
Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

Manfaat Penelitian.

- 01 Untuk menghindari kerusakan pada kapal dan dermaga pada saat kapal bersandar.
- 02 Mendapatkan tipe *fender* yang optimal untuk digunakan di Pelabuhan *ferry* Penajam.
- 03 Menjadikan informasi yang didapatkan untuk referensi pihak yang berperan dalam pengelolaan pelabuhan *ferry* Penajam.

Batasan Penelitian.

- 01 Tidak menghitung anggaran biaya pada perencanaan *fender*.
- 02 Data kapal yang digunakan hanya data *ferry* berdasarkan *ferry* yang bersandar di Pelabuhan *ferry* Penajam.
- 03 *Fender* yang didesain hanya menggunakan *fender* eksisting dan alternatif *fender*.
- 04 *Fender* akan dirancang berdasarkan panduan dan standar teknis: "*Guidelines for the Design of Fender Systems*" yang diterbitkan oleh International Navigation Association (PIANC, 2002)

KERANGKA PEMIKIRAN.

TEKNIK KELAUTAN.

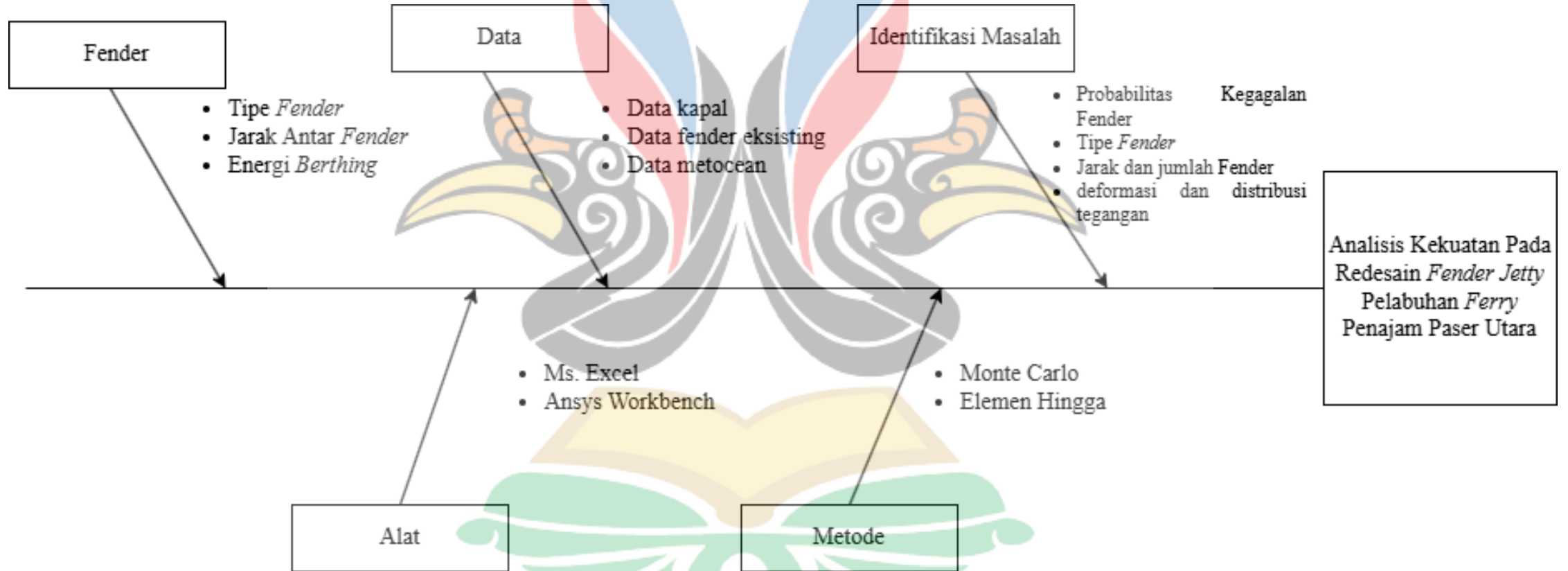


itk
Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

Berikut adalah kerangka pemikiran pada penelitian ini :



TEORI PENDUKUNG.

TEKNIK KELAUTAN.



itk
Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

01

Energi *Berthing*.

Kapal yang tiba di pelabuhan akan mengeluarkan energi dari struktur, dan Fender akan menyerap energi tumbukkan kapal. Energi ini kemudian ditransfer ke struktur dermaga dan direspon oleh struktur dermaga.

$$E_N = 0,5 \times M \times V^2 \times CM \times CE \times CC \times CS \quad (2.2)$$

Dimana :

- E_N = Energi sandar kapal (kNm)
- M = Berat Kapal (displacement tonnage)
- V^2 = Komponen kecepatan kapal saat merapat dalam arah tegak lurus (m/s)
- CM = Koefisien *added mass*
- CE = Koefisien eksentrisitas
- CC = Koefisien konfigurasi *berthing*
- CS = Koefisien *softness*

TEORI PENDUKUNG.

TEKNIK KELAUTAN.



itk
Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

02

Berthing Force.

Gaya *berthing* adalah gaya yang terjadi ketika kapal melakukan manuver sandar dan mengenai sistem *fender* pada dermaga. Gaya ini berasal dari energi kinetik kapal yang diserap oleh *fender* dalam bentuk deformasi.

$$F = \frac{E_{Berth}}{E_{Absorp}} \times R \quad (2.3)$$

Dimana:

F = Gaya *berthing*

E_{Bert} = Energi *berthing*

E_{Absorp} = Energi serap *fender*

R = Reaksi maksimum *fender*

Energi Abnormal.

Dampak tidak normal terjadi ketika energi sandar normal terlampaui. *Abnormal berthing energy* dapat disebabkan oleh berbagai faktor, seperti kesalahan manusia, kerusakan alat, kondisi cuaca ekstrem, atau kombinasi dari faktor-faktor tersebut.

$$EA = FS \times EN$$

Jenis Kapal	Ukuran	Fs
Tanker, Bulk, Cargo	Terbesar	1,25
	Terkecil	1,75
Container	Terbesar	1,5
	Terkecil	2,0
General Cargo		1,75
RoRo, Ferries		$\geq 2,0$
Tugs, Workboat, dll		2,0



TEORI PENDUKUNG.

TEKNIK KELAUTAN.



04

Jarak Antar *fender*.

merencanakan jarak *fender* yang sesuai dan mengacu pada PIANC khususnya untuk kapal *ferry* tidak boleh melebihi batas 0,25 L yang dimana L adalah LOA dari dimensi kapal terkecil yang pernah berlabuh dipelabuhan.

$$\text{Jarak antar } fender = 0,25 \times LOA \quad (2.9)$$

Dimana,

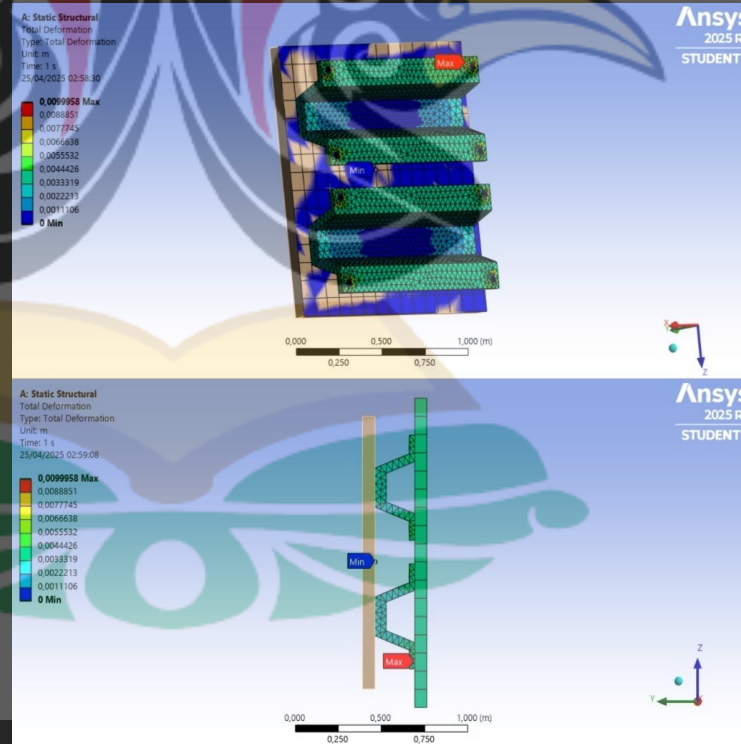
LOA = Panjang Kapal



Deformasi

Deformasi merupakan perubahan bentuk atau ukuran suatu benda atau objek yang terjadi akibat penyerapan energi yang bekerja pada benda atau objek tersebut.

Total Deformasi $\leq 30\%$ Fender Height



Von Mises

Menurut teori ini, kegagalan suatu material terjadi apabila tegangan geser oktahedral yang bekerja di dalam material mencapai nilai yang setara dengan tegangan geser. Persamaan yang dipakai adalah bentuk persamaan dari Von-mises yang telah dikembangkan

$$\begin{aligned}\tau_{\text{oct}} &= \frac{1}{3} [(S_{\text{yield}} - 0)^2 + (0 - 0)^2 + (0 - S_{\text{yield}})^2]^{\frac{1}{2}} \\ &= 2^{\frac{1}{2}} \times \frac{S_{\text{yield}}}{3}\end{aligned}\quad (2.11)$$

τ_{oct} = Octahedral Shear Stress (Pa)

S_{yield} = Max Tensile Stress kondisi yield (deformasi plastis) dalam *uniaxial tensile test* (Pa)



Monte Carlo

Metode Monte Carlo adalah teknik simulasi berbasis probabilitas yang mendekati solusi suatu permasalahan melalui proses sampling acak.

Nilai Kuat Batas

$$Z = R/S$$

Jika $Z \geq 1$, maka struktur aman

Jika $Z < 1$, maka struktur gagal

Probabilitas

$$P_f = N_i / \sum N$$

Nilai acak

$$f(t) = (1 / (\sigma\sqrt{2\pi})) * \exp \{ -1/2 * ((t - \mu)/\sigma)^2 \} \quad (2.15)$$

Dimana:

μ = Nilai Tegangan Von Mises

σ = Koefisien

t = Nilai Acak

Distribusi Normal

=NORM.INV(RAND(); μ ; σ)

Koefisien 10%

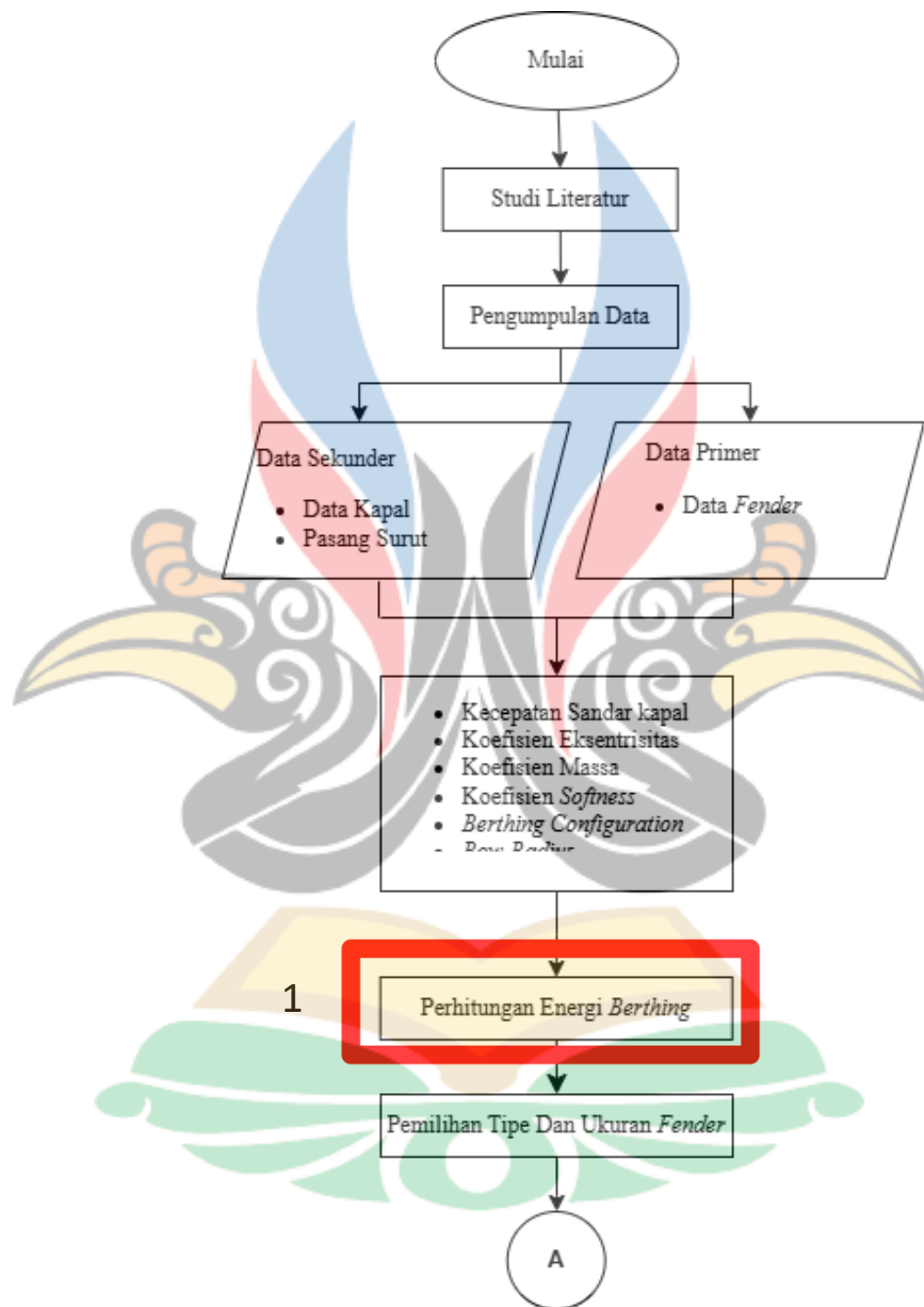




- Analisis Kapasitas Fender Tipe V Pada Dermaga Curah Pelabuhan Garongkong Kabupaten Barru (Fitriyanti, 2020).
Hasil analisis menunjukkan bahwa energi yang diserap fender (5,57 tm) lebih besar daripada energi tambat kapal (4,54 tm), sehingga fender dapat menahan energi benturan kapal dengan baik
- Analisis Perencanaan *Fender* Pada Pelabuhan Patimban (Deddy Yoshua, Suwandi Saputro, 2022).
Jarak antar fender dihitung 19,809 meter (kapal peti kemas) dan 12,022 meter (kapal Ro-Ro), dengan pemasangan vertikal untuk menyesuaikan perubahan elevasi air laut.
- Penilaian Risiko Kuantitatif Tubrukan Kapal dengan Platform : Studi Kasus Tubrukan Kapal dengan *Wellhead Platform* PHE-12 (Faiz Farhansyah, Yeyes Mulyadi, dan AA.Bgs.Dinariyana, 2016).
Tubrukan drifting dari arah 600 dengan kecepatan 3 knot memiliki energi kinetik 7,7 kips/ft dan probabilitas kegagalan struktur 37,1%. Risiko berada pada kategori Not Acceptable (level 4) dalam matriks risiko
- Structural Analysis Of Maritim Fenders (Yuri David do Nascimento Fernandes dkk., 2023).
Hasil simulasi menunjukkan bahwa tegangan maksimum pada inti karet fender adalah 0,798 MPa, dengan deformasi signifikan yang menyerupai buckling di area tengah.

METODOLOGI PENELITIAN.

TEKNIK KELAUTAN.



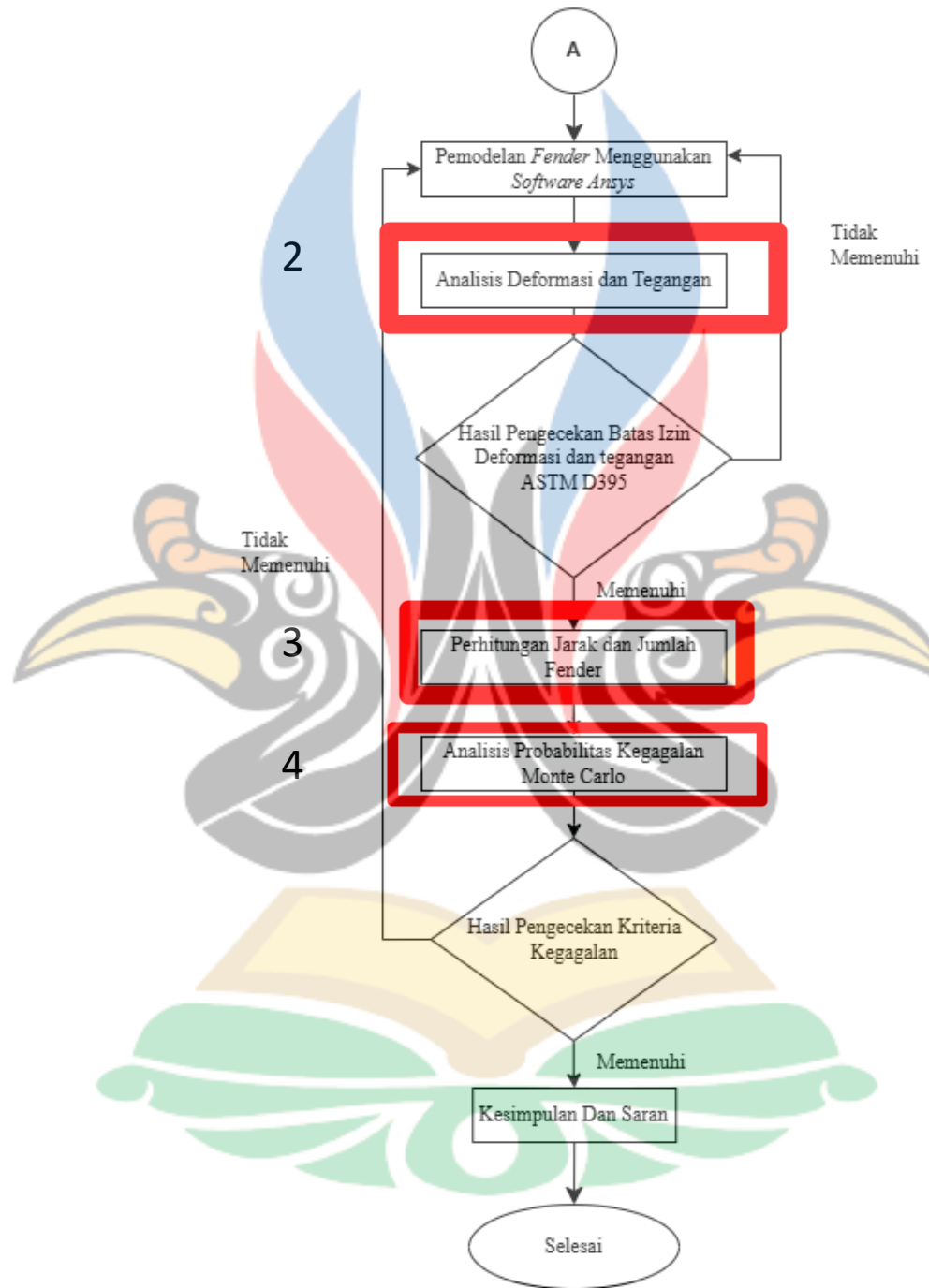
itk
Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

METODOLOGI PENELITIAN.

TEKNIK KELAUTAN.



itk
Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

VARIABEL PENELITIAN.

TEKNIK KELAUTAN.



itk
Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

Variabel Penelitian	Variasi
Kecepatan sandar kapal	• Tranship II (0,26) m/s • Selat Madura II (0,2) m/s
Tipe <i>Fender</i>	• <i>Fender</i> Alternatif • <i>Fender</i> Eksisting
Pasang Surut	• HHWL, MSL, LLWL

ENGINEERING DATA.

TEKNIK KELAUTAN.



itk
Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

No	Material	Jenis Tegangan	Nilai Tegangan (MPa)	Keterangan	
1	Structural Steel	Tensile Yield Strength	250	Batas elastis tarik	
		Compressive Yield Strength	250	Batas elastis tekan (umumnya $\approx$ tensile yield)	
		Tensile Ultimate Strength	460	Batas maksimum sebelum patah tarik	
		Compressive Ultimate Strength	460	Batas maksimum sebelum patah tekan ($\approx$ tarik)	
2	Concrete	Tensile Yield Strength	-	Tidak tersedia (biasanya < 5 MPa)	
		Tensile Ultimate Strength	-	Tidak tersedia	
		Compressive Strength (estimasi)	$\sim 30-40$	Umumnya untuk beton normal	
3	Rubber (Yeoh 3rd)	Tidak didefinisikan sebagai yield	-	Menggunakan pendekatan energi regangan	
		Modulus Elastis Awal (C10)	0,2019	Digunakan untuk menghitung respons non-linier	

TIME LINE PENELITIAN.

TEKNIK KELAUTAN.



itk
Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

No	Kegiatan	Bulan					
		Januari 2024	Februari 2024	Maret 2025	April 2025	Mei 2025	Juni 2025
1	Studi Literatur						
2	Pengumpulan Data						
4	Perhitungan Energi Berthing						
5	Pemilihan Fender						
6	Perhitungan Jarak Fender						
7	Pemodelan Fender Menggunakan Software Ansys Workbench						
8	Simulasi Kegagalan Monte Carlo						
9	Hasil Dan Pembahasan						

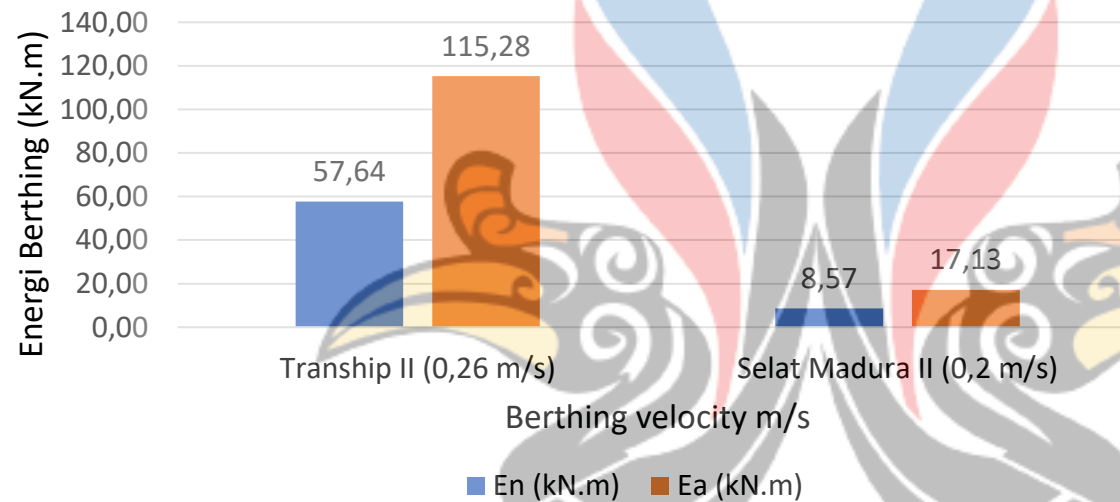
HASIL DAN PEMBAHASAN.

TEKNIK KELAUTAN.



ENERGI BERTHING

Energi *Berthing* Normal dan Abnormal (kN.m)



grafik tersebut terdapat hasil energi *berthing* dari 2 buah variasi *berthing velocity* dan ukuran kapal yang berbeda. Untuk kapal Tranship II (kapal terbesar) nilai abnormal terbesar adalah 115,28 kN.m dan kapal Selat Madura II (kapal terkecil) nilai abnormal terbesar adalah 17,13 kN.m.

Parameter	Unit	Nilai
Berthing Velocity	m/s	0,26
Berthing Energy	kN.m	115,28
Energy Absorption (katalog Shibata)	kN.m	111
Reaction (katalog Shibata)	kN.m	529
Force	kN	274,6
	N	274.688,3764

HASIL DAN PEMBAHASAN.

TEKNIK KELAUTAN.

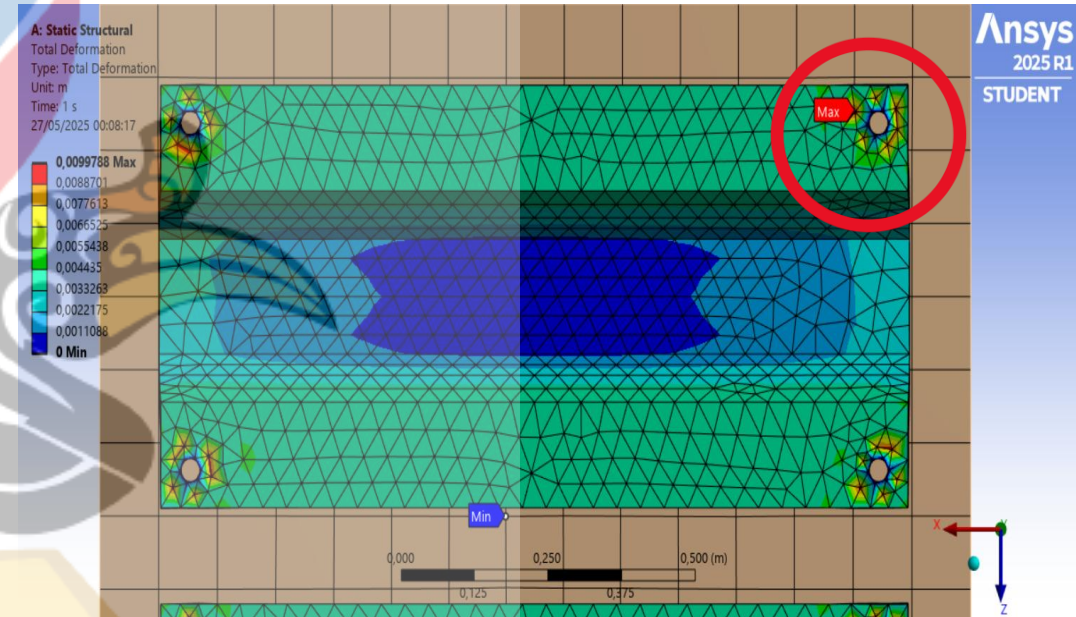
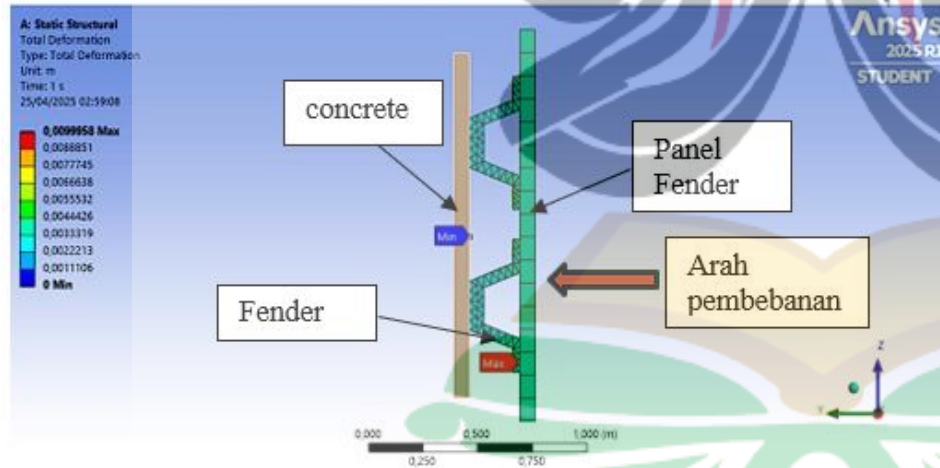
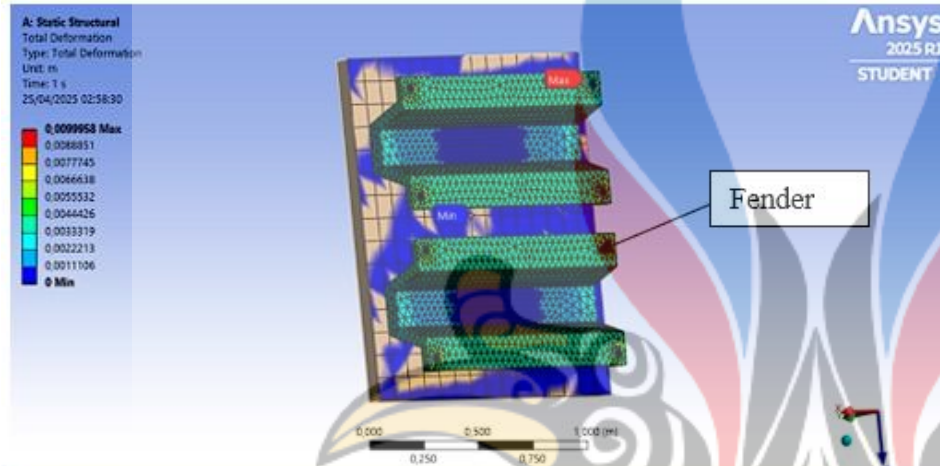


itut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

DEFORMASI FENDER EKSISTING



$$0,009 \text{ m} < \left(\frac{30}{100} \times 0,7 \text{ m}\right) = 0,009 \text{ m} < 0,21 \text{ m}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN.

TEKNIK KELAUTAN.

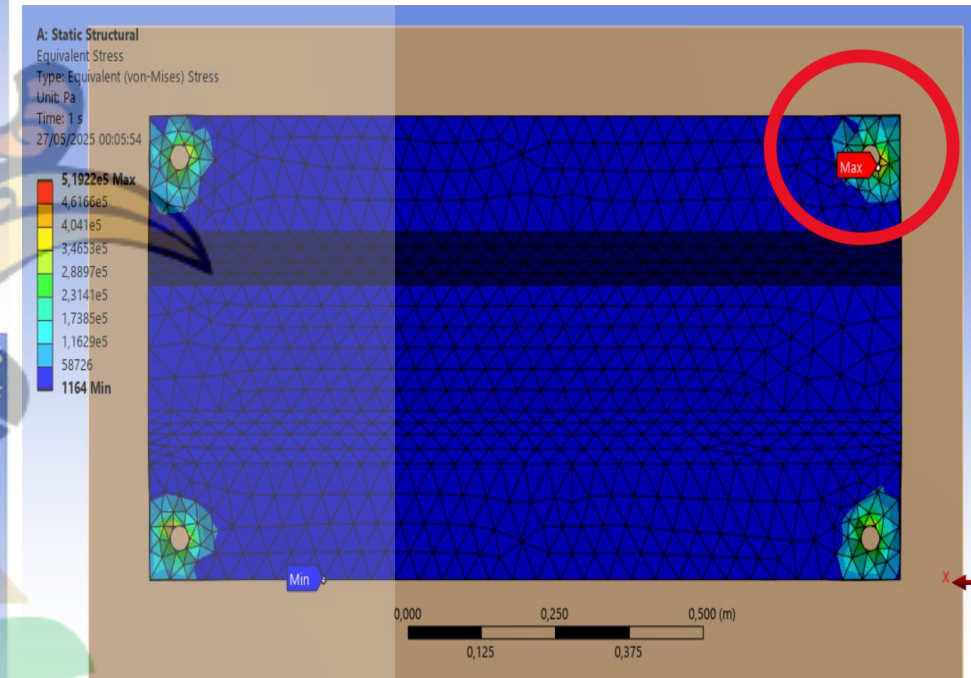
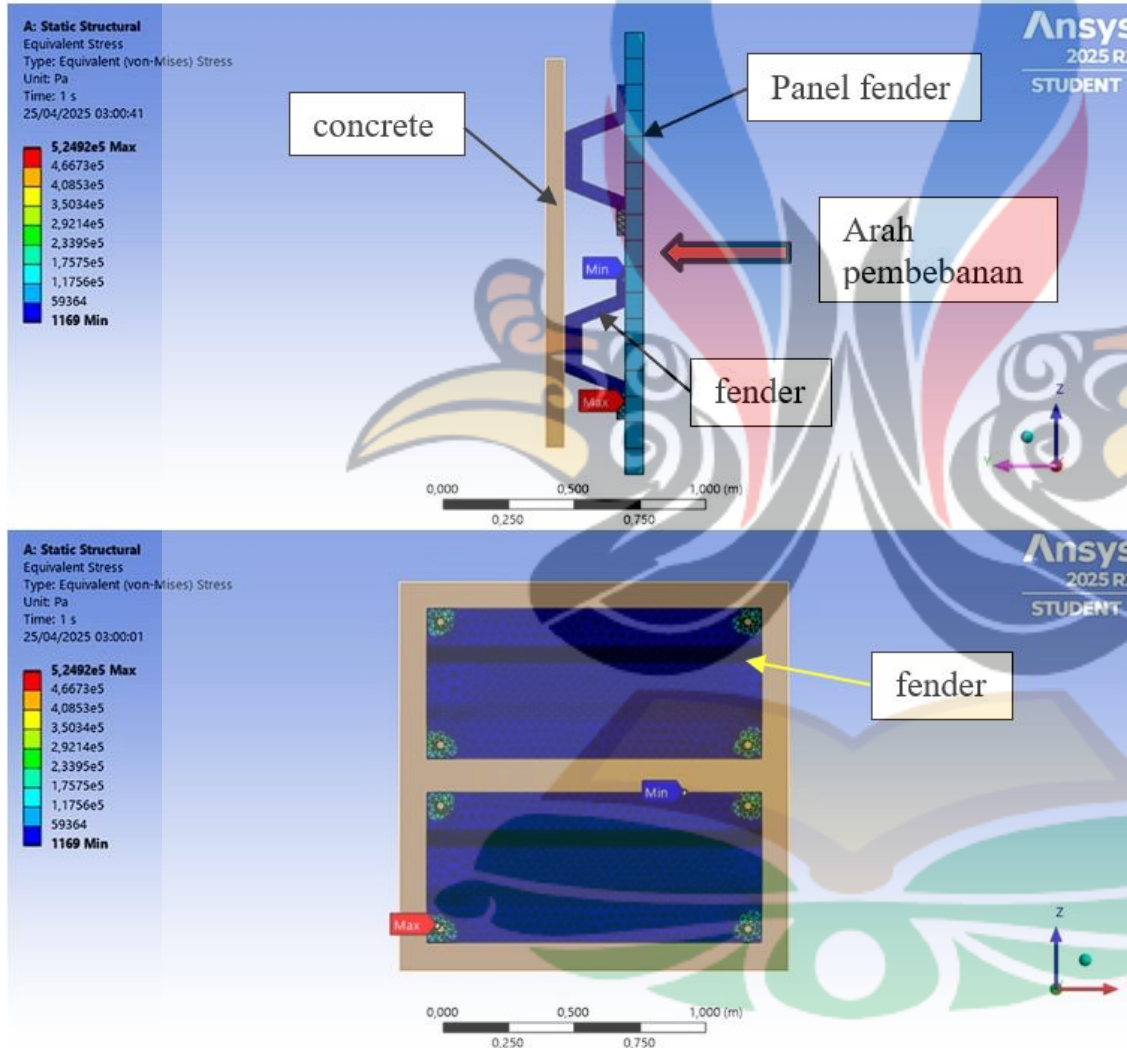


itut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

EQUIVALENT (Von Mises) STRESS Fender Eksisting



$$0,51922 \text{ MPa} \leq 7,54 \text{ MPa}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN.

TEKNIK KELAUTAN.

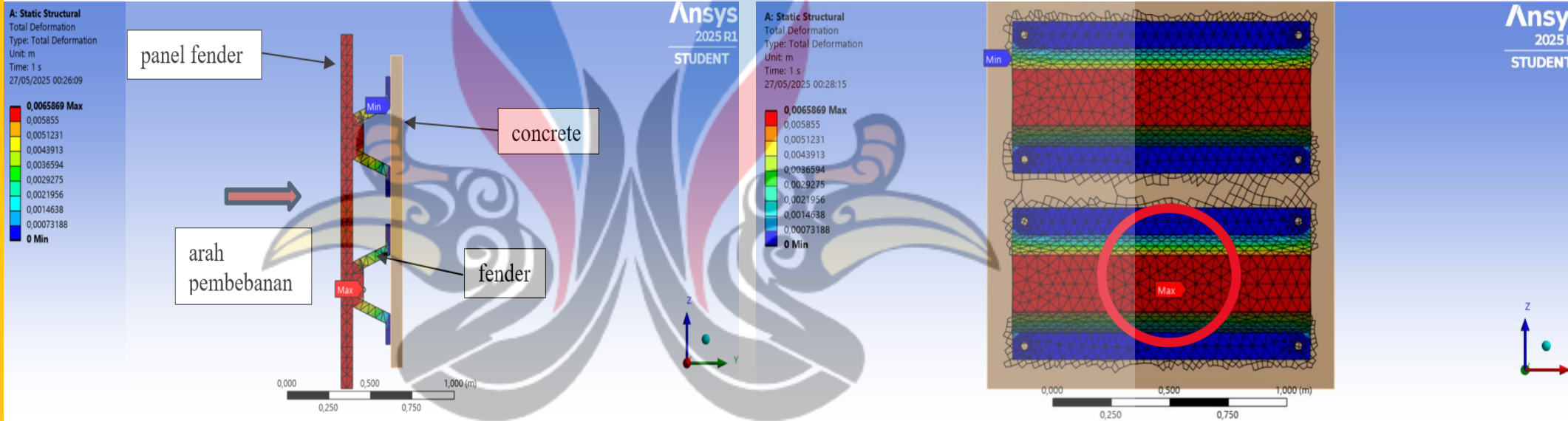


itut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

DEFORMASI ALTERNATIF *FENDER*



a. Tampak Samping Fender

c. Tampak Tepan Tanpa Panel Fender

$$0,006 \text{ m} < \left(\frac{30}{100} \times 0,7 \text{ m}\right) = 0,006 \text{ m} < 0,21 \text{ m}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN.

TEKNIK KELAUTAN.

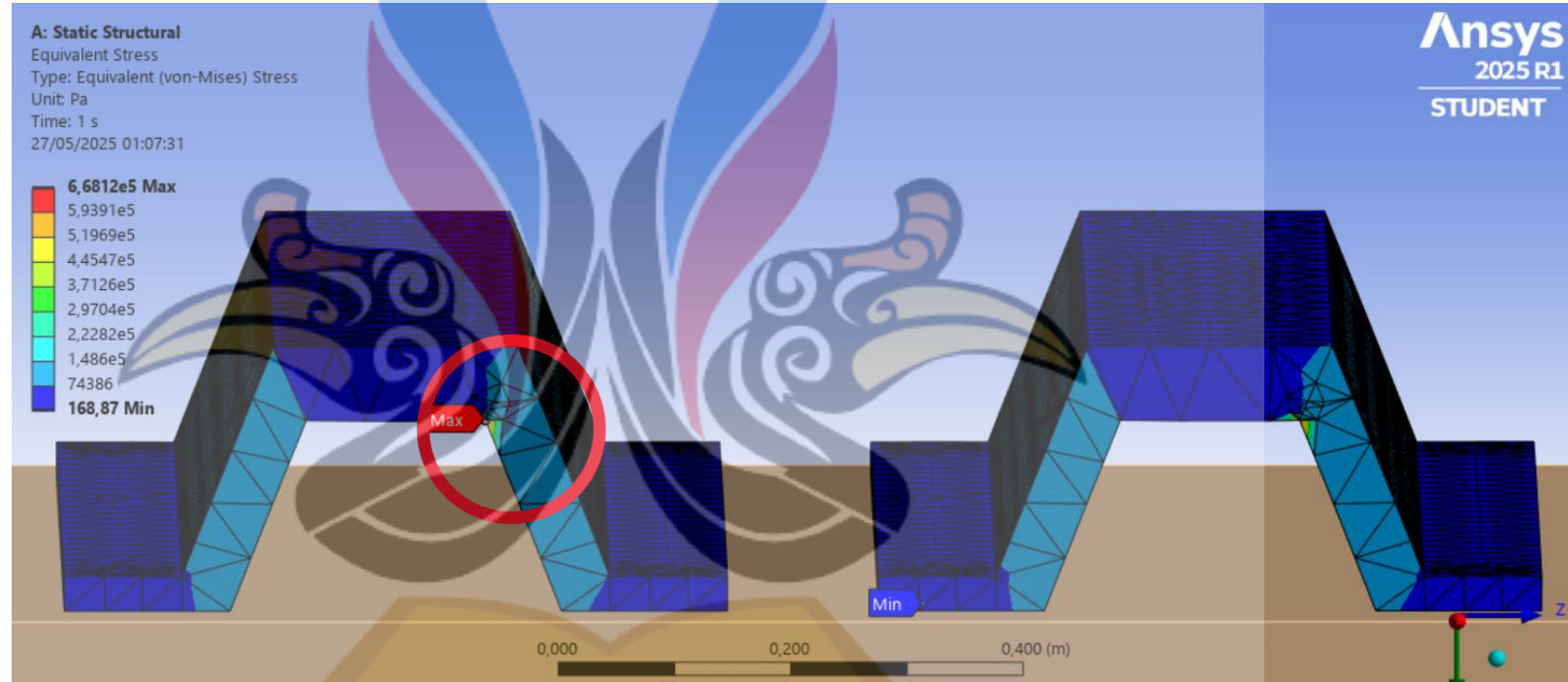


itut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

EQUIVALENT (Von Mises) STRESS ALTERNATIF FENDER



$$0,6812 \text{ MPa} \leq 7,54 \text{ MPa}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN.

TEKNIK KELAUTAN.



Institut
Teknologi
Kalimantan

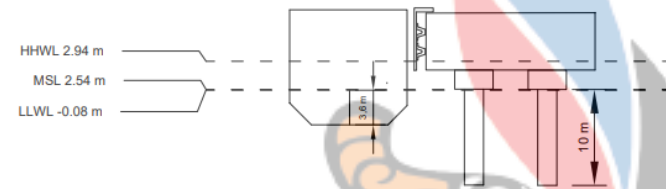


OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

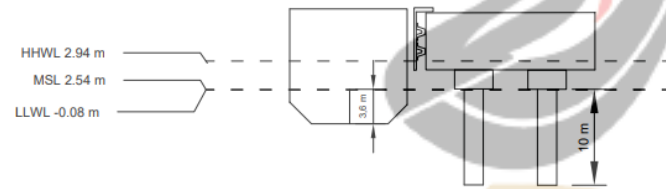
SKENARIO BERTHING

Tranship II

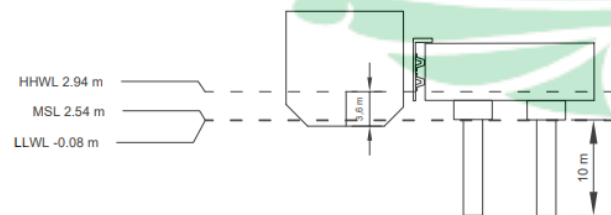
a. Kondisi Pasang Surut LLWL



b. Kondisi Pasang Surut MSL

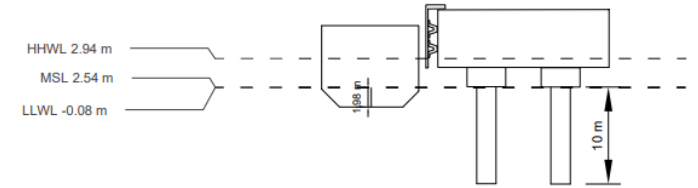


c. Kondisi Pasang Surut HHWL

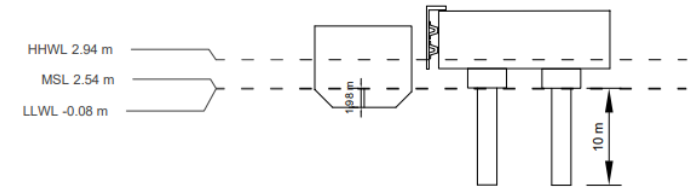


Selat Madura II

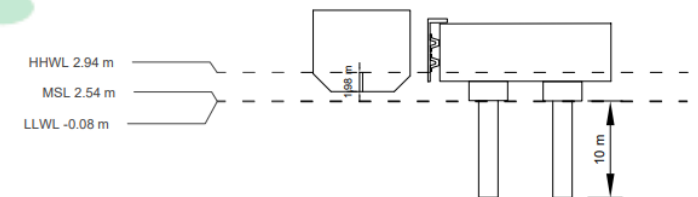
a. Kondisi Pasang Surut LLWL



b. Kondisi Pasang Surut MSL



c. Kondisi Pasang Surut HHWL



HASIL DAN PEMBAHASAN.

TEKNIK KELAUTAN.



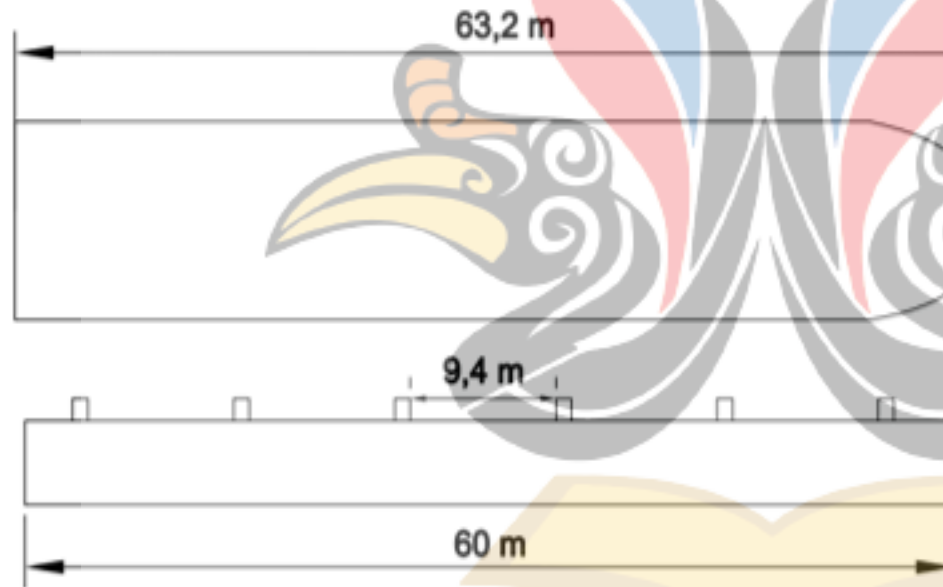
itk
Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

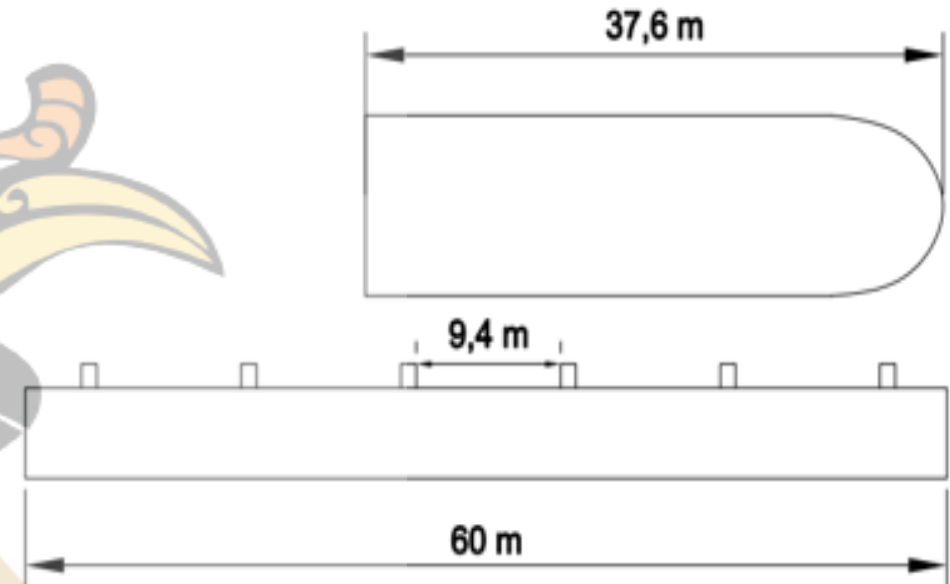
JUMLAH DAN JARAK ANTAR FENDER

Tranship II



b. Layout Kapal Tranship II

Selat Madura II



a. Layout Kapal Selat Madura II

$$\begin{aligned}\text{Jarak Antar Fender} &= 0,25 \times 37,6 \text{ m} \\ &= 9,4 \text{ m}\end{aligned}$$

HASIL DAN

PEMBAHASAN.

TEKNIK KELAUTAN.



itk
Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

SIMULASI MONTE CARLO

FENDER EKSISTING

No	Tegangan Von Mises (S) (MPa)	Tegangan Izin (R) (MPa)	Z = R/S (Fungsi batas)	Status
1	0,47	7,54	15,94	Aman
...	...	...	...	...
10000	0,51	7,54	14,74	Aman

Nilai Kuat Batas

ALTERNATIF FENDER

No	Tegangan Von Mises (S) (MPa)	Tegangan Izin (R) (MPa)	Z = R/S (Fungsi batas)	Status
1	0,67	7,54	11,25	Aman
...	...	...	...	...
10000	0,67	7,54	11,10	Aman

$Z = R/S$

Jika $Z \geq 1$, maka struktur aman

Jika $Z < 1$, maka struktur gagal

Simulasi	10.000
Berhasil	10.000
Gagal	0
Probabilitas Kegagalan (PF)	0
K	100



Setelah melakukan analisis adapun kesimpulan yang didapatkan sebagai berikut:

1. Energi Berthing Normal dan Abnormal

- Tranship II (0,26 m/s)

Normal : 57,64 kNm

Abnormal : 115,28 kNm

- Selat Madura II (0,2 m/s)

Normal : 8,57 kNm

Abnormal : 17,13 kNm

2. Total Deformasi dan Equivalent Stress

Fender Eksisting : 0,009 m & 0,51922 MPa

Alternatif Fender : 0,006 m & 0,6812 MPa

3. Jarak antar fender 9,4 m dan jumlah 6 pasang posisi twin atas bawah

4. Probabilitas kegagalan dan Keandalan

Fender Eksisting 0% dan 100%

Alternatif Fender 0% dan 100%



itk
Institut
Teknologi
Kalimantan

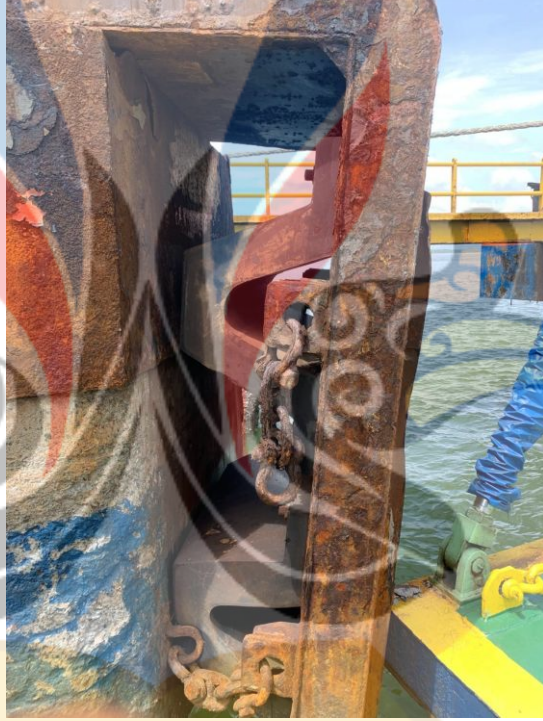


OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN

1. Penelitian selanjutnya sebaiknya mencakup analisis biaya agar desain *fender* lebih efisien secara ekonomi.
2. Disarankan melakukan studi perbandingan dengan material lain selain *Yeoh 3rd Order* untuk mendapatkan performa terbaik.
3. Penggunaan data kapal sebaiknya diperluas ke berbagai jenis kapal dan pelabuhan untuk hasil yang lebih umum.
4. Disarankan mengeksplorasi desain *fender* baru, bukan hanya membandingkan *fender eksisting* dan alternatif.

DOKUMENTASI

TEKNIK KELAUTAN.



Institut
Teknologi
Kalimantan



OCEAN ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI KALIMANTAN



TERIMA KASIH ATAS PERHATIANNYA

ACHMAD DWI RISQI
14211001

