

EVALUASI KERUSAKAN PILE STRUCTURE TERHADAP KINERJA OPERASIONAL BANGUNAN JETTY PT. CHANDRA ASRI CILEGON

Jon Putra

Program Studi Teknik Sipil, FTSP, Institut Teknologi Budi Utomo Jakarta,

jonputra@itbu.ac.id

Abstrak

Struktur jetty sangat penting untuk aktivitas pelabuhan dan industri petrokimia, terutama untuk proses bersandar dan memuat serta membongkar kapal. Namun, jika ada kerusakan pada struktur tiang pancang, ini bisa mengganggu kekuatan dan fungsi jetty. Penelitian ini bertujuan untuk menilai seberapa besar kerusakan pada tiang pancang mempengaruhi kemampuan jetty dalam menahan kapal, dan juga untuk mengusulkan solusi perbaikan yang tepat. Penelitian dilakukan di jetty PT. Chandra Asri Petrochemical, di mana ditemukan kerusakan seperti korosi, bentuk yang berubah, dan pengurangan daya dukung pada tiang pancang. Analisis dilakukan dengan memakai software SAP2000 dan menggunakan metode pemodelan struktur serta beban operasi yang realistis. Hasil dari studi pertama menunjukkan bahwa jetty masih mampu menopang kapal dengan berat hingga 8000 DWT meskipun ada beberapa elemen yang mengalami kelebihan beban. Studi yang kedua menunjukkan bahwa dengan menambahkan fender dan melakukan penguatan menggunakan metode retrofit, kapasitas jetty untuk menahan kapal bisa ditingkatkan hingga 10000 DWT dengan kecepatan bersandar maksimal 0,35 m/s. Jadi, bisa disimpulkan bahwa kombinasi antara perbaikan struktural dan pengendalian operasi adalah solusi yang baik untuk menjaga performa jetty agar tetap optimal.

Kata kunci: Operasional, jetty, tiang, struktur, kerusakan.

1. PENDAHULUAN

Jetty adalah fasilitas penting untuk operasi industri petrokimia, termasuk di PT. Chandra Asri Petrochemical. Ia digunakan untuk memuat dan membongkar bahan baku dan produk. Kerusakan pada pile structure yang mendukung jetty dapat menimbulkan masalah serius bagi operasi dan keamanan.

PT. Chandra Asri adalah perusahaan petrokimia terbesar di Indonesia, dan jetty-nya sangat penting untuk kelancaran distribusi bahan baku. Namun, kerusakan pada pile structure menjadi perhatian karena dapat memengaruhi stabilitas jetty. Penyebab kerusakan bisa termasuk karat, tabrakan kapal, atau beban berlebih. Penilaian menyeluruh diperlukan, dan perangkat lunak analisis struktur seperti SAP2000 dapat digunakan untuk mengevaluasi kondisi dan merencanakan perbaikan.

Diperlukan kajian teknis menyeluruh untuk menilai struktur pile di jetty PT. Chandra Asri Petrochemical. Tujuannya untuk menemukan tingkat kerusakan, dampaknya pada stabilitas struktur, dan cara

memperbaiki atau memperkuatnya. Analisis akan dilakukan dengan software SAP2000 untuk memberikan saran teknis untuk meningkatkan keandalan jetty.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Analisis Data

Metode analisis data dilakukan untuk menilai seberapa baik kinerja struktur Jetty-C sebelum dan sesudah diperbaiki, dengan memakai software SAP2000 sebagai alat utama. Tujuan dari analisis ini adalah untuk mengetahui apakah struktur yang ada masih bisa menahan beban yang diberikan, serta seberapa besar peningkatan kinerjanya setelah diperbaiki. Proses analisis dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu:

- a. Penilaian Kondisi yang Ada, Pemodelan struktur dilakukan berdasarkan keadaan nyata Jetty-C dengan menggunakan data tentang bentuk dan material yang ada. Beban-beban seperti beban tetap, beban yang berubah, dan beban dari lingkungan (seperti saat sandar, bertambat, arus, dan angin) dimasukkan ke dalam model. Hasil dari analisis gaya dan perubahan bentuk dibandingkan dengan kapasitas bagian struktur untuk

menilai apakah struktur yang ada masih layak.

- b. Penilaian Kondisi Setelah Perbaikan, Model struktur diperbarui sesuai dengan keadaan setelah perbaikan, termasuk perubahan ukuran atau penambahan material. Analisis dilakukan lagi untuk melihat bagaimana respons struktur setelah perbaikan. Penilaian difokuskan pada peningkatan kapasitas dan pengurangan perubahan bentuk, untuk memastikan bahwa perbaikan berhasil dalam meningkatkan keselamatan dan fungsi jetty.

2.2 Metode Pembahasan Hasil Analisis

Pembahasan hasil analisis dilakukan untuk menjawab pertanyaan penelitian yang sudah ditentukan. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi kemampuan struktur jetty dalam kondisi saat ini dan setelah diperbaiki atau diubah. Metode diskusi dilakukan dalam dua langkah utama sebagai berikut:

- a. Evaluasi Kapasitas Jetty Saat Ini, pada langkah pertama, dilakukan penilaian terhadap gaya yang bekerja di bagian-bagian seperti tiang dan balok. Gaya dorong, momen bengkok, dan gaya geser yang muncul dianalisis dan dibandingkan dengan kemampuan yang sudah direncanakan untuk masing-masing bagian. Jika gaya yang muncul lebih besar dari kemampuan yang direncanakan, ini menunjukkan bahwa ada kemungkinan struktur akan gagal yang perlu segera ditangani demi keselamatan dan fungsi jetty. Evaluasi ini menjadi dasar untuk menjawab pertanyaan mengenai kemampuan jetty yang ada setelah mengalami kerusakan.
- b. Evaluasi Struktur Setelah Perbaikan, langkah kedua adalah menilai perubahan struktur setelah perbaikan, seperti penambahan beton. Perubahan pada bagian struktural diperiksa untuk memastikan bahwa tidak melebihi batas yang diperbolehkan agar struktur tetap dapat berfungsi dengan baik dan tidak membahayakan keselamatan pengguna. Evaluasi ini juga dilakukan untuk mengetahui berapa banyak beban kapal

yang bisa ditampung oleh jetty setelah strukturnya diperbaiki.

3. PEMBAHASAN

3.1 Analisis Data

3.1.1 Analisis Kapasitas Struktur Jetty dalam Kondisi Eksisting

- a. Perhitungan pembebanan

- 1) Beban Mati (Dead Load)

Tabel 3.1 Beban mati (Dead Load) pada jetty

No	Elemen	Dimensi / Data	Volume (m ³)	Densitas (ton/m ³)	Beban Mati (ton)
1	Slab Concrete 1	Tebal = 0,4 m, Luas = 1426,71 m ²	570,68	2,4	1.369,63
2	Slab Concrete 2	Tebal = 1,15 m, Luas = 43,29 m ²	49,78	2,4	119,47
3	Beam Besar	1,8 m × 1,5 m × 105 m	283,50	2,4	680,40
4	Beam Kecil	0,4 m × 0,4 m × 796,25 m	127,40	2,4	305,76
	Total		1.031,36		2.475,26

Sumber: Data Sheet

- 2) Beban Mati Tambahan adalah berat semua bahan di Jetty, bukan struktur utama, yang bisa bervariasi seiring waktu.

Tabel 3.2 Beban Mati Tambahan (Superimposed Dead Load)

No	Material	Elemen	Dimensi	Berat Jenis
1	Fender	Natural Rubber	4 buah	12 kN/m ³

Sumber: Data Sheet

- 3) Beban tumbukan kapal saat ini melibatkan kapal tanker minyak dan kapal logistik dengan kapasitas 10.000 DWT yang berlabuh di jetty utama. Ban truk telah dipasang untuk menahan tekanan. Analisis beban tumbukan menggunakan rumus pada SNI 1725 2016.

$$P_s = DWT^{1/2} \times 12.5V$$

Dimana:

PS = gaya tumbukan kapal (ton)

DWT = dead weight tonnage kapal (ton)

V = kecepatan sandar kapal (m/s), 0.5 m/s

$$P_s = 10000^{1/2} \times 12.5 \times 0,5$$

$$\begin{aligned} P_s &= 625 \text{ kN} \\ P_s &= 625/9,81 \\ P_s &= 64 \text{ ton} \end{aligned}$$

- 4) Beban yang diterima kapal saat berlabuh dipengaruhi oleh hembusan angin dan aliran air. Penelitian sistem berlabuh penting untuk memastikan kapasitasnya cukup menahan gaya tersebut sesuai standar OCDI.

Tabel 3.3 Standard values of Tractive forces by Ships

Gross Tonnage of Ship (t)	Tractive Force on Mooring Post (kN)	Tractive Force on Bollard (kN)
Over 200 and not more than 500	150	150
Over 500 and not more than 1,000	250	250
Over 1,000 and not more than 2,000	350	250
Over 2,000 and not more than 3,000	350	350
Over 3,000 and not more than 5,000	350	350
Gross Tonnage of Ship (t)	Tractive Force on Mooring Post (kN)	Tractive Force on Bollard (kN)
Over 5,000 and not more than 10,000	500	500
Over 10,000 and not more than 20,000	1,000	700
Over 20,000 and not more than 50,000	1,500	1,000
Over 50,000 and not more than 100,000	2,000	1,000

Sumber: OCDI

Gaya tarik pada bollard atau bitt harus sesuai standar desain. Jika informasi kapal tidak ada, perkiraan

Gross Tonnage (GT) dapat digunakan.

$$\begin{aligned} GT &= DWT / 1,5 \\ GT &= 10000 / 1,5 \\ GT &= 6667 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dengan ukuran kapal tersebut, maka satu bollard seharusnya bisa menahan beban maksimal mencapai 500 kN atau 50 ton.

- 5) Beban Arus pada Tiang, pengiraan daya arus yang ada pada tiang jetty mengikuti formula SNI 1725 2016, seperti berikut:

$$TEF = 0,5 \times Cd \times Vs^2 \times Ad$$

Dimana :

TEF= gaya seret akibat arus (kN/m)

Cd = koefisien seret, 0.7

Vs = kecepatan arus maksimum (m/s), 0.5 m/s

Ad = luas proyeksi tiang (m²), 1.90 m²

$$TEF = 0,5 \times 1,2 \times 0,5^2 \times 8,46$$

$$TEF = 1,27 \text{ kN/9,81}$$

$$TEF = 0,13 \text{ Ton}$$

- 6) Beban Angin pada Bagian Atas (Wind Load), cara menghitung kekuatan angin pada bagian atas jetty mengikuti rumus RSNI T-02 2005, seperti ini:

$$TEW = 0,0006 \times Cw \times Vw^2 \times Ab$$

Dimana:

TEW = beban angin rencana (kN/m)

Cw = koefisien seret, 1.25

Vw = kecepatan angin maksimum (m/s), 37 m/s

Ab = tinggi proyeksi (m), 0.3 mberthing (tumbukan kapal) dan gaya mooring (tarikan tali kapal).

$$TEW = 0,0006 \times 1,25 \times 37^2 \times 8$$

$$TEW = 8,21 \text{ kN/9,81}$$

$$TEW = 0,84 \text{ ton}$$

- 7) Penggabungan beban dibagi menjadi dua jenis: beban operasional dan beban gempa. Pedoman terdapat pada Kriteria Desain Dermaga POLB 2012.

Tabel 3.4 Load Resistance Factor Design

LOAD RESISTANCE FACTOR DESIGN (LRFD) ^a									
LOAD COMBINATION FACTORS									
Case	D	L+I ^b	E	W	BE	M	R+S+T	BU	C
I	1.20	1.60	1.60	1.60	—	—	1.20	1.20	1.20
II ^c	0.90	—	1.60	1.60	—	—	1.20	1.00	1.20
III	1.20	1.00	1.60	1.60	1.60	—	—	1.20	1.20
IV	1.20	1.60	1.60	1.60	—	1.60	—	1.20	1.20

SERVICE LOAD DESIGN (SLD) ^d									
LOAD COMBINATION FACTORS									
Case	D	L+I	E	W	BE	M	R+S+T	BU	C
I	1.00	1.00	1.00	1.00	—	—	1.00	1.00	1.00
II	1.00	0.75	1.00	0.75	1.00	—	—	1.00	1.00
III	1.00	1.00	1.00	1.00	—	1.00	—	1.00	1.00

^a The Load Resistance Factor Design require the strength reduction factors, ϕ as specified in ACI-318 2008. Strength reduction factors shall follow ACI-318 (Ref. 2) for reinforced concrete design and AISC (Ref. 4) for structural steel design.

^b For the load factor of crane load case see Table 3-1.

^c Reduce load factor to 0.9 for dead load (D) to check members for minimum axial load and maximum moment.

^d Increase in allowable stress shall not be used.

Sumber: POLB

Dimana:

D = dead loads
L+I = live loads + impact load factor
E = earth preassure loads
W = wind loads, and others environmental loads (current and wave loads)
BE = berthing loads
M = mooring loads
R+S+T = creep, shrinkage, and temperature loads
BU = buoyancy loads
C = current on structure loads

Tabel 3.5 Kombinasi Layanan akibat Beban Operasional

Kombinasi	Berat Sendiri (DL)	Beban Mati (SDL)	Beban Hidup (LL)	Beban Tumbukan Kapal (BL)	Beban Tambat Kapal (ML)	Beban Arus & Angin (C & W)
COMB 1	1.2	1.2	-	-	-	-
COMB 2	1.2	1.2	1.6	-	-	1.6
COMB 3	1.2	1.2	1	1.6	-	1.6
COMB 4	1.2	1.2	1.6	-	1.6	1.6

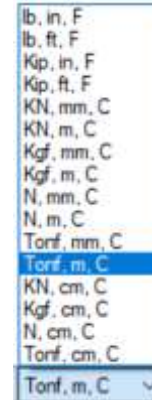
Sumber: Data Sheet

b. Proses pemodelan struktur Jetty di SAP2000 dilakukan secara teratur melalui langkah-langkah penting.

1) Membuat Model Struktur

a) Mula-mula, buka aplikasi SAP2000 dan ciptakan file yang baru.

b) Pilih satuan yang tepat, seperti kN, m, atau ton.



Gambar 3.1 Menentukan satuan

Sumber: Olahan Penelitian

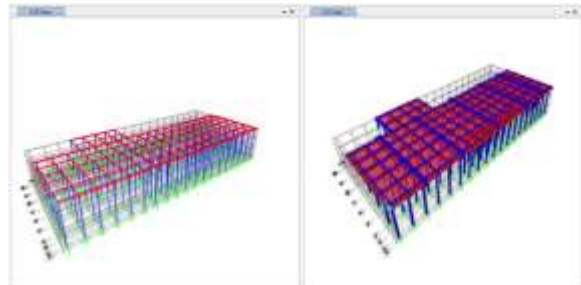
c) Mendefinisikan grid dan layout struktur berdasarkan gambar teknis.



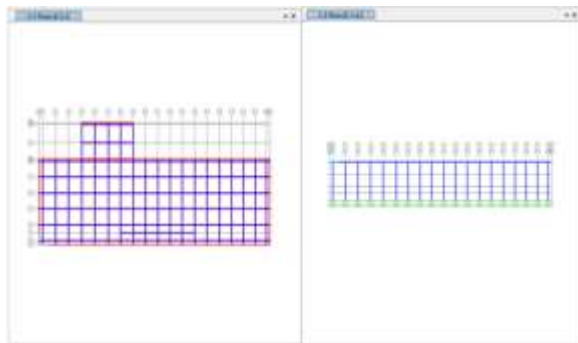
Gambar 3.2 Menentukan grid dan layout

Sumber: Olahan Penelitian

d) Untuk membuat bagian-bagian bangunan seperti lantai, balok, tiang beton, dan tiang baja, gunakan perintah Draw Frame Elements untuk elemen garis dan Draw Area Elements untuk elemen bidang dalam model SAP2000.



Gambar 3.3 Geometri Jetty
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.4 Geometri Tiang Jetty dan Plat lantai Jetty
Sumber: Olahan Penelitian

- c. Menentukan Jenis Material
1. Masuk ke menu Definisikan → Material, lalu pilih jenis material seperti beton dan baja sesuai dengan standar yang berlaku.

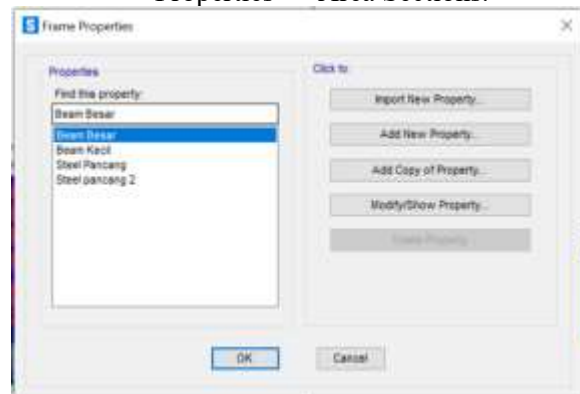


Gambar 3.5 Materials concrete
Sumber: Olahan Penelitian

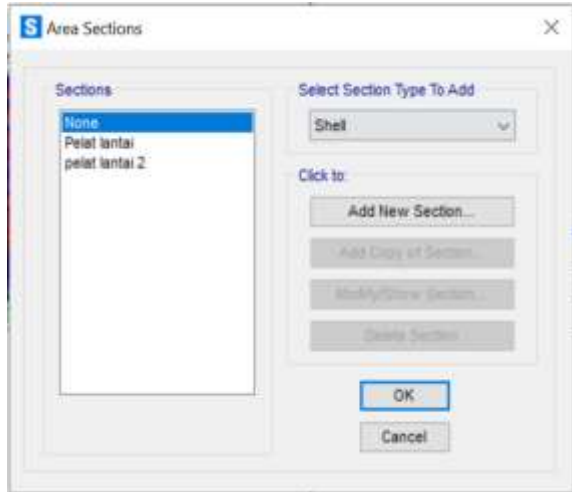


Gambar 3.6 Materials Steel
Sumber: Olahan Penelitian

2. Pergilah ke Define → Section Properties → Frame Sections untuk menentukan bentuk elemen struktur seperti balok dan tiang. Untuk pelat lantai, pergi ke Define → Section Properties → Area Sections.

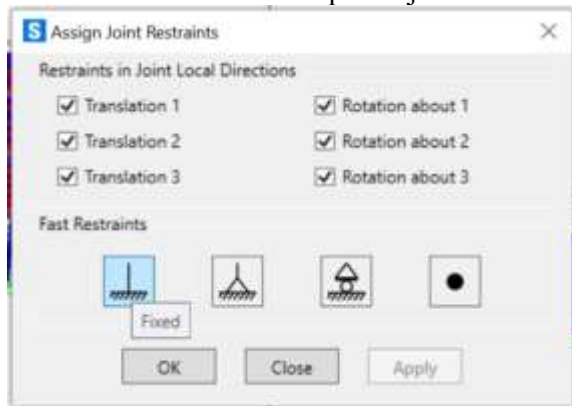


Gambar 3.7 Frame Section
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.8 Area Section
Sumber: Olahan Penelitian

3. Mengatur keadaan peletakan, gunakan Assign → Joint Restraints untuk menentukan peletakan jepit penuh atau sendi sesuai dengan keadaan di tempat kerja.



Gambar 3.9 Joint Restraints
Sumber: Olahan Penelitian

4. Mengatur beban pada struktur Jetty, buka menu Define → Load Patterns untuk menjelaskan berbagai jenis beban yang akan mempengaruhi struktur jetty, seperti:
 - a) Beban Mati (berat sendiri dan beban yang tidak bergerak)
 - b) Beban Mati Tambahan (fender, pelat tambahan, dan lain-lain)
 - c) Beban Operasional (berlabuh, mengikat, arus, angin, beban dari crane atau orang)

- d) Beban Seismik (gempa dari arah X dan Y)



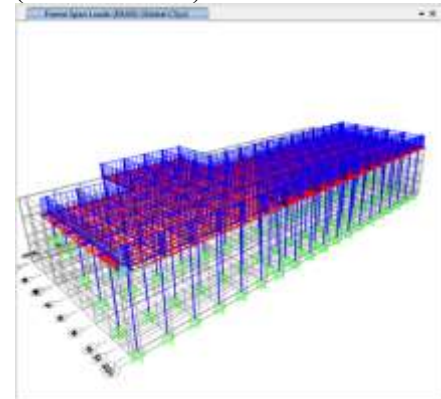
Gambar 3.10 Define Load Patterns
Sumber: Olahan Penelitian

5. Setelah semua beban ditentukan, kamu bisa membuat kombinasi pembebanan dengan cara memilih Define → Load Combinations.



Gambar 3.11 Load Combinations
Sumber: Olahan Penelitian

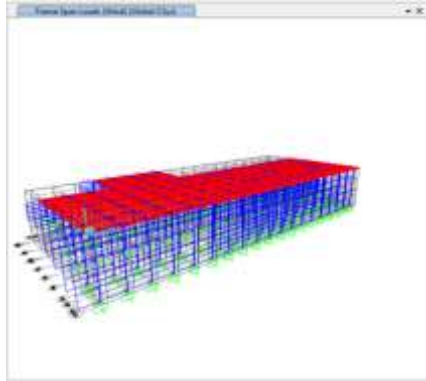
- d. Input Pembebanan ke dalam Model
 1. Beban Merata (Uniform Load), untuk Balok/Tiang, Beban Merata (Uniform Load)



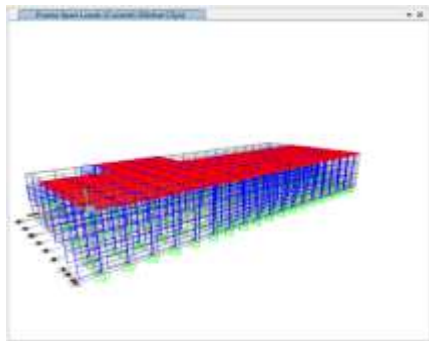
Gambar 3.12 Beban Merata untuk DL dan LL
Sumber: Olahan Penelitian

Untuk Balok atau Tiang: Beban mati yang merata, beban dari crane, beban angin, dan beban arus bisa

dimasukkan dengan cara memilih elemen frame (balok atau tiang), kemudian klik Assign → Frame Loads → Distributed.

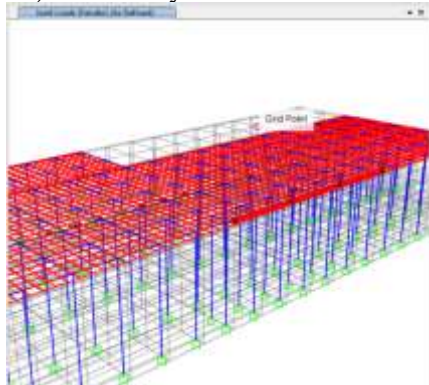


Gambar 3.13 Beban Angin
Sumber: Olahan Penelitian

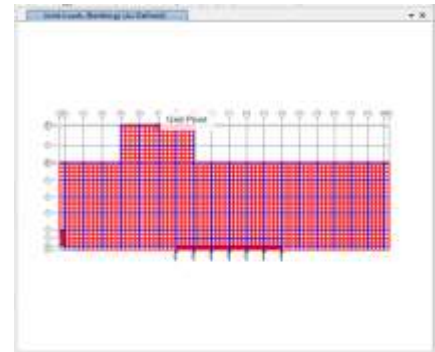


Gambar 3.14 Beban arus
Sumber: Olahan Penelitian

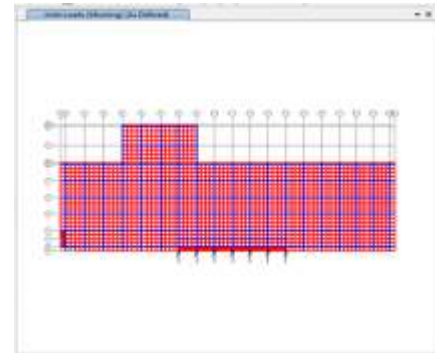
2. Beban Titik di Node (Beban Sambungan), beban yang termasuk dalam kategori ini adalah Rubber Fender, Beban Berlabuh, dan Gaya Tumbukan Kapal. Masukkan arah gaya yang diperlukan (F_x , F_y , atau F_z) dan nilainya dalam satuan ton.



Gambar 3.15 Beban Fender
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.16 Beban Berthing
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.17 Beban Mooring
Sumber: Olahan Penelitian

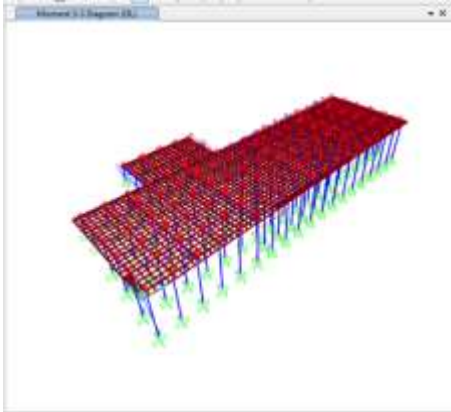
3. Beban Gempa (Seismic Load) dapat dimasukkan dalam pola beban dengan jenis Seismic. Ini bisa dilakukan menggunakan metode analisis statik ekuivalen atau respons spektrum.



Gambar 3.18 Seismic Load
Sumber: Olahan Penelitian

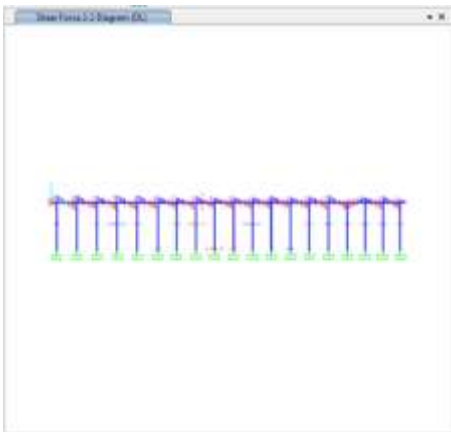
- e. Analisis Gaya Dalam (Aksial, Momen, Geser)

Ini adalah cara yang digunakan dalam aksial, momen, dan geser saat membuat model jetty utama:



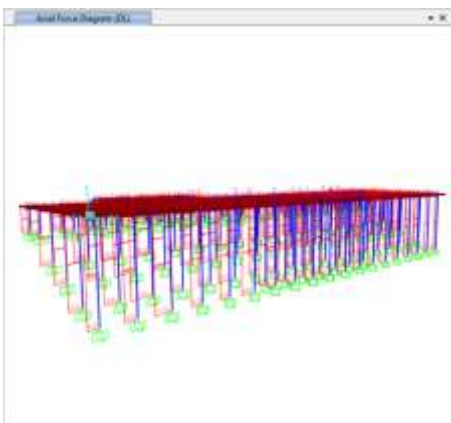
Gambar 3.19 Gaya Momen Ultimit Jetty

Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.20 Gaya Geser Ultimit pada Jetty

Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.21 Gaya Aksial Ultimit Jetty

Sumber: Olahan Penelitian

Nilai-nilai ini didapat dari hasil keluaran perangkat lunak yang menganalisis struktur dan menghitung kapasitas izin, yang disajikan dalam tabel.

Berikut Perhitungan Kapasitas Pipa Baja:

Data Input:

Diameter luar pipa (D) = 0,6 m

Tebal pipa (t) = 0,005 m

Fy (Tegangan leleh baja) = 245 MPa = 245000 kN/m²

Perhitungan:

Diameter dalam (d) = D - 2t = 0,6 - 2×0,005 = 0,59 m

Luas penampang (A) = $\pi/4 \times (D^2 - d^2)$
= $\pi/4 \times (0,6^2 - 0,59^2)$ = 0,0093415 m²

Momen penampang (Z) = $\pi/32 \times ((D^4 - d^4)/(D/2))$
= $\pi/32 \times ((0,6^4 - 0,59^4)/(0,6/2))$
= 0,002756132 m³

Pmax (Pn) = Fy × A
= 245000 × 0,0093415
= 2288,6675 kN/9,81
= 233,3 tonf

Vmax (Vn) = 0,6 × Fy × A
= 0,6 × 245000 × 0,0093415
= 1373,20 kN/9,81
= 139,9 tonf

Mmax (Mn) = Fy × Z
= 245000 × 0,002756132
= 675,2522736 kNm/9,81
= 68,83 tonf-m

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai tertinggi dari gaya-gaya dalam yang bekerja pada elemen struktur adalah:

1. Gaya aksial maksimum (Pmax) = 109,55 tonf
2. Gaya geser maksimum (Vmax) = 57,93 tonf
3. Momen lentur maksimum (Mmax) = 66,83 tonf-m

Tabel 3.6 Gaya Dalam yang Bekerja pada Elemen Struktur

Gaya/Momen	Nilai Maksimum	Kapasitas (Ijin)	Ket
$M_{max} < M_n$	66,83 tonf-m	68,83 tonf-m	OK
$P_{max} < P_n$	109,55 tonf	233,3 tonf	OK
$V_{max} < V_n$	57,93 tonf	139,9 tonf	OK

Sumber: Olahan Penelitian

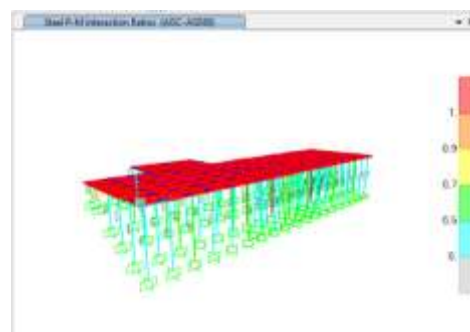
- f. Analisis Rasio Tegangan Steel pile Pemeriksaan dilakukan pada elemen tiang pancang baja untuk mengetahui seberapa baik tiang tersebut berfungsi ketika menghadapi kombinasi gaya aksial dan momen lentur. Dari analisis yang dilakukan, ditemukan beberapa elemen yang memiliki nilai rasio interaksi P-M lebih dari 1.0.

Tabel 3.7 Hasil Analisis Elemen Nilai Rasio Steel pile

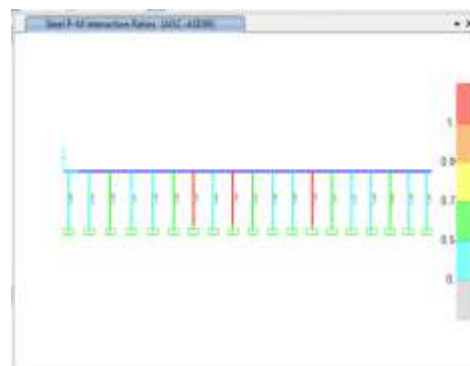
No	ID Elemen	Nama	Jenis Elemen	Status	Rasio Interaksi
1	48	Steel Pancang	Kolom	Overstressed	1,048846
2	73	Steel Pancang	Kolom	Overstressed	1,004983
3	101	Steel Pancang	Kolom	Overstressed	1,006233
4	119	Steel Pancang	Kolom	Overstressed	1,019772
5	20	Steel Pancang 2	Kolom	Overstressed	1,861814
6	25	Steel Pancang 2	Kolom	Overstressed	1,849908
7	29	Steel Pancang 2	Kolom	Overstressed	1,876515

Sumber: Olahan Penelitian

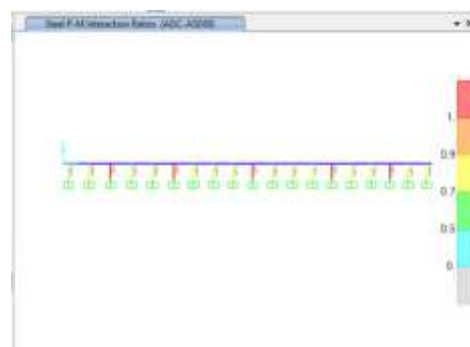
Gambar 3.22 di bawah ini menunjukkan hasil pemeriksaan rasio interaksi, di mana warna merah menunjukkan elemen yang mengalami overstress (rasio > 1.0) dan tidak aman terhadap beban yang ada.



Gambar 3.22 Rasio Interaksi
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.23 Rasio Interaksi Pile (20, 25, 29)
Sumber: Olahan Penelitian



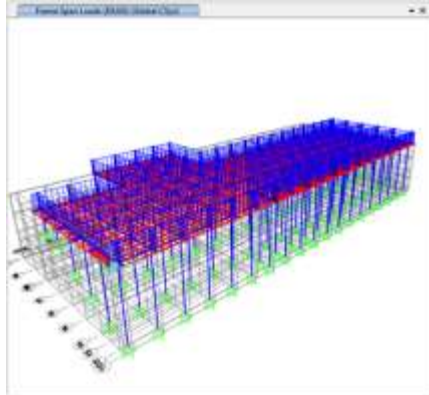
Gambar 3.24 Rasio Interaksi Pile (26, 48, 73, 101, 119)
Sumber: Olahan Penelitian

Temuan ini menunjukkan bahwa dalam kondisi saat ini, struktur jetty tidak dapat dengan aman menahan beban maksimum dari kapal. Untuk mengetahui batas kapasitas yang masih aman, dilakukan analisis secara bertahap dengan berbagai variasi beban yang mengacu pada kapasitas Deadweight Tonnage (DWT) kapal.

8.000 DWT ditentukan sebagai batas aman untuk operasi, agar tidak terjadi kerusakan pada struktur karena beban yang berlebihan.

3.1.2 Analisis Kapasitas Struktur Jetty setelah Perbaikan (Retrofit)

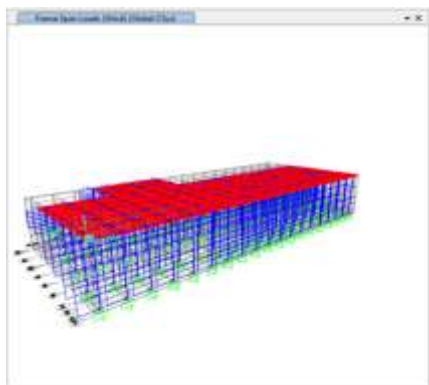
- a. Input Pembebanan ke dalam Model
 1. Beban Merata (Uniform Load), untuk Balok/Tiang, Beban Merata (Uniform Load)



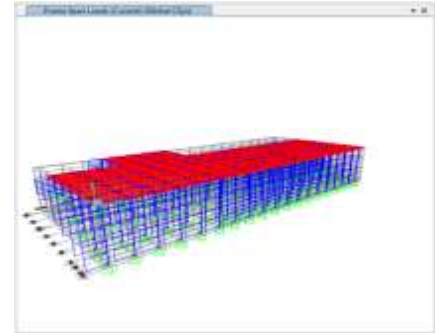
Gambar 3.25 Beban Merata untuk DL dan LL

Sumber: Olahan Penelitian

Untuk Balok atau Tiang: Beban tetap yang merata, beban dari crane, angin, dan arus bisa ditambahkan dengan memilih elemen seperti balok atau tiang. Klik Assign, pilih Frame Loads, lalu Distributed. Pilih pola beban yang diinginkan, seperti Beban Mati, Crane, Angin, atau Arus. Arah beban biasanya Z negatif untuk beban vertikal, dan X atau Y untuk beban angin dan arus.



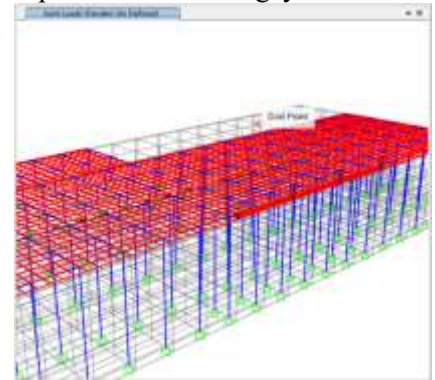
Gambar 3.26 Beban Angin
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.27 Beban arus

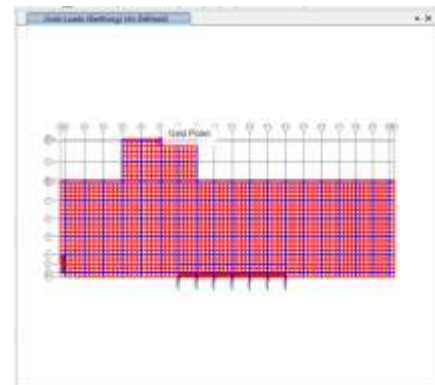
Sumber: Olahan Penelitian

2. Beban titik di node meliputi Rubber Fender, Beban Mooring, dan gaya tumbukan kapal. Untuk menginput, pilih titik sambungan, klik Assign → Joint Loads → Forces, masukkan arah gaya dan nilainya dalam ton, seperti 64 ton untuk gaya tumbukan.



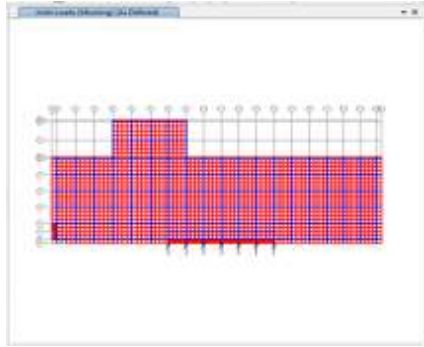
Gambar 3.28 Beban Fender

Sumber: Olahan Penelitian

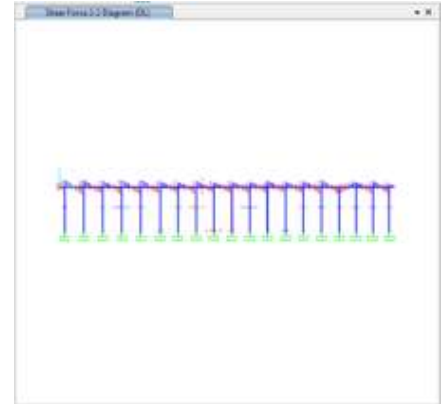


Gambar 3.29 Beban Berthing

Sumber: Olahan Penelitian

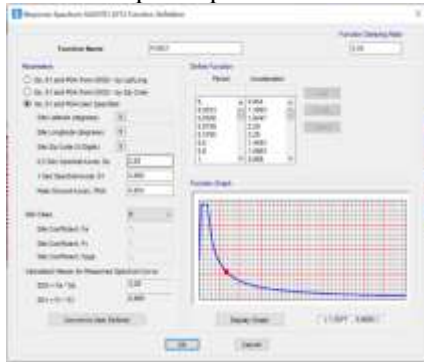


Gambar 3.30 Beban Mooring
Sumber: Olahan Penelitian

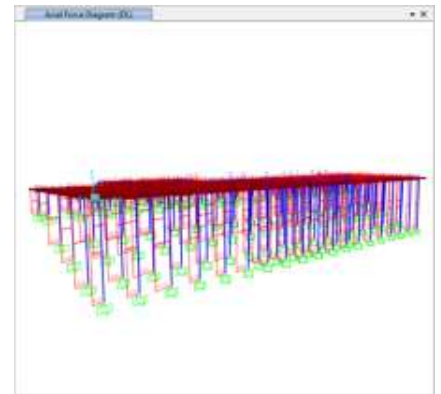


Gambar 3.33 Gaya Geser Ultimit pada Jetty
Sumber: Olahan Penelitian

3. Beban Gempa, Beban gempa bisa ditambahkan melalui Pola Beban dengan tipe Seismik menggunakan cara analisis statik yang setara atau analisis respons spektrum.



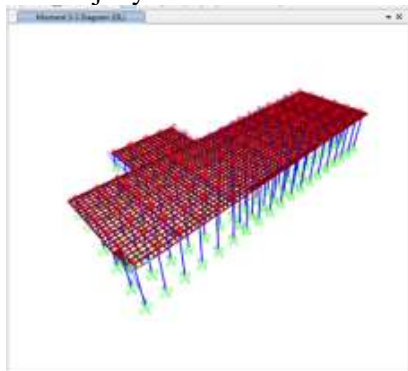
Gambar 3.31 Seismic Load
Sumber: Olahan Penelitian



Gambar 3.34 Gaya Aksial Ultimit Jetty
Sumber: Olahan Penelitian

- b. Analisis Gaya Dalam (Aksial, Momen, Geser)

Di bawah ini adalah gaya dalam aksial, momen, dan geser yang terdapat pada pemodelan jetty utama:



Gambar 3.32 Gaya Momen Ultimit Jetty
Sumber: Olahan Penelitian

Hasil analisis struktur menunjukkan gaya aksial, gaya geser, dan momen lentur pada elemen struktur akibat beban. Data kapasitas pipa baja ditampilkan dalam tabel.

Ini adalah Perhitungan Kapasitas Pipa Baja:

Data Input:

Diameter luar pipa (D) = 0,6 m

Tebal pipa (t) = 0,005 m

Fy (Tegangan leleh baja) = 245 MPa = 245000 kN/m²

Perhitungan:

Diameter dalam (d) = D - 2t = 0,6 - 2×0,005 = 0,59 m

Luas penampang (A) = $\pi/4 \times (D^2 - d^2)$

$$= \pi/4 \times (0,6^2 - 0,59^2) = 0,0093415 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Momen penampang (Z)} &= \pi/32 \times ((D^4 - d^4)/(D/2)) \\ &= \pi/32 \times ((0,6^4 - 0,59^4)/(0,6/2)) \\ &= 0,002756132 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_{\max} (P_n) &= F_y \times A \\ &= 245000 \times 0,0093415 \\ &= 2288,6675 \text{ kN/9,81} \\ &= 233,3 \text{ tonf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\max} (V_n) &= 0,6 \times F_y \times A \\ &= 0,6 \times 245000 \times 0,0093415 \\ &= 1373,20 \text{ kN/9,81} \\ &= 139,9 \text{ tonf} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} (M_n) &= F_y \times Z \\ &= 245000 \times 0,002756132 \\ &= 675,2522736 \text{ kNm/9,81} \\ &= 68,83 \text{ tonf-m} \end{aligned}$$

Hasil pemeriksaan mengungkapkan angka tertinggi dari gaya-gaya dalam yang berpengaruh pada bagian struktur, yaitu:

1. Gaya aksial tertinggi ($P_{\max}$) = 109,55 tonf
2. Gaya geser tertinggi ($V_{\max}$) = 57,93 tonf
3. Momen lentur tertinggi ($M_{\max}$) = 66,83 tonf-m

Tabel 3.8 Gaya Dalam yang Bekerja pada Elemen Struktur

Gaya/Momen	Nilai Maksimum	Kapasitas (Ijin)	Ket
$M_{\max} < M_n$	64,99 tonf-m	68,83 tonf-m	OK
$P_{\max} < P_n$	109,98 tonf	233,3 tonf	OK
$V_{\max} < V_n$	55,373 tonf	139,9 tonf	OK

Sumber: Olahan Penelitian

- c. Analisis Rasio Tegangan Steel pile
Analisis rasio tegangan tiang pancang baja menunjukkan bahwa semua bagian aman, dengan nilai rasio di bawah 1,0 setelah perbaikan struktur.

3.2 Pembahasan Hasil Analisis

3.2.1 Evaluasi Kapasitas Jetty dalam Kondisi Eksisting

Pemeriksaan terhadap keadaan struktur jetty yang ada saat ini menunjukkan bahwa tiang pondasi tidak cukup kuat untuk menahan beban kapal terbesar yang ada. Hal ini berpotensi menyebabkan tiang pondasi mengalami stres berlebihan.

Analisis dilakukan dengan memperhitungkan kapal yang memiliki kapasitas 8.000 DWT. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa gaya internal dalam struktur serta kemampuan tiang umumnya masih dalam batas aman. Namun, ada tiga tiang yang sebelumnya rusak dan menunjukkan rasio pemakaian lebih dari 1. Oleh karena itu, jetty masih bisa digunakan untuk kapal hingga 8.000 DWT, dengan catatan harus ada pengawasan dan pemeriksaan lebih lanjut terhadap bagian yang penting. Hasil analisis juga menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang bekerja pada elemen struktur, yaitu:

Tabel 3.9 Gaya Dalam yang Bekerja pada Elemen Struktur

Gaya/Momen	Nilai Maksimum	Kapasitas (Ijin)	Ket
$M_{\max} < M_n$	59,54 tonf-m	68,83 tonf-m	OK
$P_{\max} < P_n$	109,97 tonf	233,3 tonf	OK
$V_{\max} < V_n$	59,54 tonf	139,9 tonf	OK

Sumber: Olahan Penelitian

Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa walaupun beberapa bagian tiang mengalami tekanan yang berlebihan, kekuatan bangunan masih cukup untuk menahan beban itu, tanpa harus ditambah dengan penguatan lainnya. Perbandingan kapasitas struktural tetap terjaga.

Tabel 3.10 Hasil Analisis Elemen Nilai Rasio Steel pile

No.	ID Elemen	Nama	Rasio Interaksi
1	20	Steel Pancang 2	1,861814
2	25	Steel Pancang 2	1,849908
3	29	Steel Pancang 2	1,876515

Sumber: Olahan Penelitian

3.2.2 Evaluasi Kapasitas Jetty setelah Perbaikan (Retrofit)

Mengkaji dampak dari pemasangan fender di bagian depan dan perbaikan

struktur melalui retrofit pada elemen tiang baja terhadap kemampuan jetty untuk mendukung beban kapal yang memiliki kapasitas 10.000 DWT.

Hasil kajian menunjukkan bahwa nilai tertinggi dari gaya-gaya yang ada (momen lentur, gaya aksial, dan gaya geser) yang terjadi pada elemen struktur masih berada di bawah batas aman yang diizinkan untuk struktur tersebut, yaitu:

Tabel 3.11 Gaya Dalam yang Bekerja pada Elemen Struktur

Gaya/Momen	Nilai Maksimum	Kapasitas (Ijin)	Ket
$M_{max} < M_n$	64,99 tonf-m	68,83 tonf-m	OK
$P_{max} < P_n$	109,98 tonf	233,3 tonf	OK
$V_{max} < V_n$	55,373 tonf	139,9 tonf	OK

Sumber: Olahan Penelitian

Perbaikan yang sudah dilakukan terbukti berhasil dalam mengurangi rasio interaksi pada elemen steel pile yang sebelumnya mengalami tekanan berlebihan. Setelah fender dipasang dan perbaikan struktur dilakukan, angka rasio interaksi menunjukkan penurunan yang cukup besar.

Tabel 3.12 Hasil Analisis Elemen Nilai Rasio Steel pile

No.	ID Elemen	Nama	Rasio Interaksi
1	48	Steel Pancang	0,959881
2	73	Steel Pancang	0,96496
3	101	Steel Pancang	0,976961
4	119	Steel Pancang	0,963102
5	20	Steel Pancang 2	0,5357
6	25	Steel Pancang 2	0,5360
7	29	Steel Pancang 2	0,5397

Sumber: Olahan Penelitian

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pemeriksaan struktur jetty terkait beban kapal, kita bisa menarik beberapa kesimpulan berikut:

- Dalam keadaan saat ini, gaya-gaya dalam seperti momen lentur, gaya aksial, dan gaya geser belum melebihi batas aman struktur. Dengan situasi ini, jetty masih dapat digunakan untuk kapal dengan kapasitas hingga 8.000 DWT. Diperkirakan jetty ini masih bisa

berfungsi dengan baik selama lima tahun ke depan sebelum perlu ada perbaikan atau penguatan lebih lanjut.

- Setelah dilakukan perbaikan, analisis menunjukkan bahwa dengan memasang fender di bagian depan jetty, ditambah menggunakan metode retrofit dan mengontrol kecepatan kapal saat bersandar, bisa mengurangi nilai rasio interaksi pada bagian struktur. Perbaikan ini terbukti efektif dalam meningkatkan kapasitas jetty sehingga mampu melayani kapal hingga 10.000 DWT dengan aman.

5. DAFTAR PUSTAKA

Kusuma, D. (2014). Penentuan jenis jetty berdasarkan faktor seperti topografi, kedalaman, dan kondisi hidro-oseanografi. Institut Teknologi Bandung.

Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1725:2016 – Beban minimum untuk perancangan jembatan. Jakarta: BSN

Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. (2020). Technical standards and commentaries for port and harbor facilities in Japan. Tokyo: OCDI.

Port of Long Beach. (2012). Wharf design criteria. California: POLB Engineering Division.

Badan Standardisasi Nasional. (2005). RSNI T-02-2005: Standar pembebanan untuk jembatan jalan raya. Jakarta: BSN.