



PEMODELAN PEMBEBENAN GAYA PADA STRUKTUR DERMAGA DENGAN APLIKASI SAP2000

Ahmad Syarif Sukri¹, Riswal Karamma*²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Halu Oleo, Kendari,

²Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin

e-mail : ¹ahmadsyariefsukri@gmail.com, ²riswalchiwal@gmail.com

Abstrak

Dermaga merupakan salah satu fasilitas pelabuhan yang berfungsi sebagai tempat sandar kapal dalam proses bongkar muat. Penelitian ini hanya berfokus pada mendesain dermaga dengan tipe *Deck on Pile*. Struktur dermaga tipe *Deck on Pile* ini didesain kuat terhadap beban-beban yang bekerja padanya baik berat sendiri maupun yang berasal dari lingkungan yang meliputi angin, gelombang, arus dan gempa serta beban akibat aktivitas di dermaga meliputi beban tumbukan kapal (*berthing*), beban tambatan (*mooring*), dan beban kendaraan. Dalam studi ini dilakukan analisis data-data kondisi fisik lapangan meliputi data *hidrooseanografi*, topografi, *bathymetri*, data kapal rancangan dan desain dermaga. Desain struktur dermaga meliputi dimensi struktur, analisis kekuatan struktur dengan menggunakan aplikasi SAP2000.

Kata Kunci—*Pier Design, Deck on Pile, Structure*

Abstract

The dock is one of the port facilities that serve as a place to dock the ship in the process of loading and unloading. This study only focuses on designing docks with Deck on Pile types. The Deck on Pile type dock structure is designed strongly against the loads that work on it both its own weight and those from the environment which include wind, waves, currents and earthquakes and the load due to activities on the dock include berthing load, mooring load, and vehicle load. In this study, an analysis of the data on the physical conditions of the field includes hydro oceanography, topography, bathymetry, ship design data and design of the pier. Dock structure design includes structural dimensions, structural strength analysis using SAP2000 application.

Keywords—*Pier Design, Deck on Pile, Structure*

1. PENDAHULUAN

Pada tahap perancangan tentunya beban-beban tersebut harus dianalisa oleh perancang. Maksud dari penelitian ini adalah merencanakan dermaga berdasarkan data-data survei dan data lain yang dibutuhkan. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui dimensi dermaga dan besar beban-beban yang bekerja pada dermaga. Pengelolaan pelabuhan, merupakan persoalan yang rumit dan membutuhkan pengaturan yang teknis dan mendetail. Salah satu unsur yang memegang peranan penting

dalam transportasi laut adalah pelabuhan, bersama dengan unsur-unsur lainnya menciptakan suatu sistem angkutan yang menunjang pertumbuhan ekonomi nasional.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Kala Ulang Gelombang

Untuk keperluan perencanaan bangunan pantai, maka data gelombang yang diperoleh dari peramalan melalui data angin harus dipilih suatu tinggi yang dapat mewakili dan disebut tinggi gelombang representatif [1].



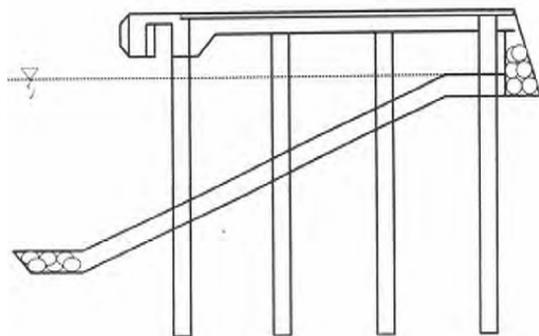
Tinggi gelombang memiliki kala ulang tertentu. Oleh sebab itu, perlu dilakukan analisis kala ulang gelombang. Metode yang digunakan adalah metode Gumbell ditunjukkan oleh Persamaan (1)-(3).

$$X_t = \bar{X} + K S_X \quad (1)$$

$$K = (Y_t - Y_n) / S_n \quad (2)$$

$$Y_t = - \left(0.834 + 2.303 \text{Log} \frac{T}{T-1} \right) \quad (3)$$

Tipe dermaga yang dipilih dalam penelitian ini adalah dermaga *Deck on Pile*. Struktur *Deck on Pile* menggunakan tiang pancang sebagai pondasi bagi lantai dermaga. Seluruh beban di lantai dermaga diterima sistem lantai dermaga dan tiang pancang tersebut. Gambar 1 menunjukkan lantai dermaga dengan kemiringan tanah dibuat sesuai dengan kemiringan alaminya serta dilapisi dengan perkuatan (*revetment*) untuk mencegah tergerusnya tanah akibat gerakan air yang disebabkan oleh manuver kapal. Untuk menahan gaya lateral yang cukup besar akibat *berthing* dan *mooring* kapal, jika diperlukan dapat dilakukan pemasangan tiang pancang miring.



Gambar 1 Dermaga Tipe *Deck on Pile*

2.2 Dimensi Dermaga

Dimensi suatu pelabuhan ditentukan berdasarkan panjang dan lebar dermaga, kedalaman kolam pelabuhan dan luas daerah pendukung operasinya. Semua ukuran ini menentukan kemampuan pelabuhan dalam melayani kapal-kapal ikan berlabuh. Ukuran dan bentuk konstruksi menentukan pula besar investasi yang diperlukan, sehingga penentuan yang tepat akan membantu operasional pelabuhan yang efisien.

2.3 Pembebanan pada Struktur Dermaga

Gaya-gaya yang bekerja pada dermaga dapat dibedakan menjadi gaya lateral dan vertikal. Gaya lateral meliputi gaya benturan kapal pada dermaga, gaya tarik kapal dan gaya gempa, sedangkan gaya vertikal adalah berat sendiri bangunan dan beban hidup [2].

1) Beban Vertikal

Pembebanan vertikal pada struktur dermaga dapat dikategorikan dalam beban mati dan beban hidup.

a. Beban Mati

Berat sendiri material yang diperhitungkan dalam perencanaan struktur adalah sebagai berikut :

- | | |
|--------------------------|------------------------|
| 1. Air Laut | 1025 kg/m ³ |
| 2. Beton Bertulang | 2400 kg/m ³ |
| 3. Beton Bertulang Basah | 2500 kg/m ³ |

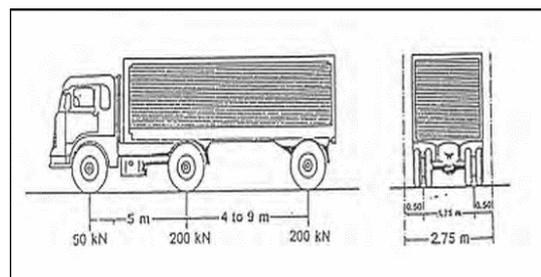
Berat-berat ini diperhitungkan sebagai beban mati ataupun beban *superimposed dead load*.

b. Beban Hidup

Beban hidup perencanaan struktur ini adalah merupakan beban *Uniformly Distributed Load* (UDL), beban roda kendaraan T45 dan beban fasilitas *loading/unloading* sebagaimana yang diuraikan berikut.

a) Beban UDLT45

Gambar 2 menunjukkan truk yang dijadikan asumsi sebagai beban hidup.



Gambar 2 Sketsa Truk yang Dijadikan Asumsi Beban Hidup

$$\begin{aligned} Q &= 45 \text{ ton} \\ A &= 1,75 \times 9,0 \\ &= 15,75 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga beban terdistribusi ditunjukkan oleh Persamaan (4).

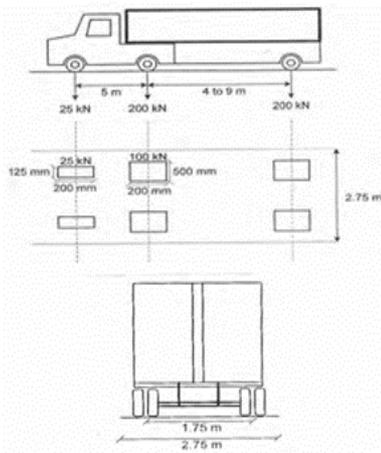
$$UDL = Q/A \quad (4)$$

Diperoleh

$$UDL = 45.0 \text{ ton}/15.75 \text{ m}^2 = 2,86 \text{ ton}/\text{m}^2$$

b) Beban Kendaraan

Beban kendaraan pada struktur dermaga ini adalah beban *container truck* T45 dengan beban kendaraan ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3 Beban Roda Kendaraan

2) Beban Horizontal

Pembebanan horizontal pada struktur dermaga dapat dikategorikan sebagai berikut :

a. Beban Gelombang

Secara umum persamaan gaya gelombang yang diperhitungkan pada perencanaan dermaga ini terbagi atas dua bagian, yaitu :

1. Beban Gelombang pada Struktur Tiang

Dalam perhitungan gaya gelombang pada tiang vertikal dengan kondisi gelombang tidak pecah (*non-breaking waves*) digunakan persamaan Morison yang terdapat dalam *Structural Dynamics (Theory and Applications)*. Total gaya horizontal yang terjadi pada struktur tiang adalah ditunjukkan oleh Persamaan (5)-(7).

$$F_x = F_{d \max} |\cos \omega t| \cos \omega t - F_{i \max} \sin \omega t \quad (5)$$

$$F_{d \max} = \frac{1}{16} \rho g C_d D H^2 \frac{\sinh(2kh) + 2kh}{\sinh(2kh)} \quad (6)$$

$$F_{i \max} = \frac{\pi}{8} \rho g C_m D^2 H \tanh(kh) \quad (7)$$

Keterangan:

F_x = Gaya total pada arah x (N)

$F_{d \max}$ = Gaya *drag* maksimum (N)

$F_{i \max}$ = Gaya inersia maksimum (N)

ρ = Berat jenis air laut ($\rho = 1025 \text{ kg}/\text{m}^3$)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

D = Diameter tiang pancang (m)

H = Tinggi gelombang (m)

k = Bilangan gelombang ($\frac{2\pi}{L}$)

L = Panjang gelombang (m)

C_d = Koefisien drag ($C_d = 1$)

C_M = Koefisien inersia ($C_M = 1,7$)

ω = Frekuensi gelombang ($\frac{2\pi}{T}$) (Hz)

T = Periode gelombang (detik)

t = Waktu (detik)

2. Beban Gelombang pada Tepi Dermaga

Pada saat tertentu ada kemungkinan tinggi gelombang mencapai elevasi dermaga, oleh karena itu perlu diperhitungkan gaya gelombang terhadap tepi dermaga. Gaya gelombang pada tepi dermaga ditunjukkan oleh Persamaan (8).

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot H}{2k \cosh kh} [(\sinh k(h + s + t) - \sinh k(h + s))] \quad (8)$$

Keterangan :

P = Gaya gelombang pada tepi lantai dermaga (N/m)

ρ = Berat jenis air laut (kg/m^3)

g = Percepatan gravitasi bumi (m/s^2)

h = Kedalaman air laut (m)

H = Tinggi gelombang (m)

k = Bilangan gelombang ($\frac{2\pi}{L}$)

L = Panjang gelombang (m)

S = Elevasi-HWS-t (m)

t = Tebal pelat dermaga (m)

b. Beban Arus

Drag dan *Lift Forces* yang disebabkan oleh perilaku arus [1], dihitung melalui Persamaan (9) dan Persamaan (10).

1) Drag Forces

$$F_D = \frac{1}{2} C_d \rho_0 A U^2 \quad (9)$$

2) Lift Forces

$$F_L = \frac{1}{2} C_L \rho_0 A_L U^2 \quad (10)$$

Keterangan :

F_D = Gaya *drag* akibat arus (kN)

F_L = Gaya angkat akibat arus (kN)

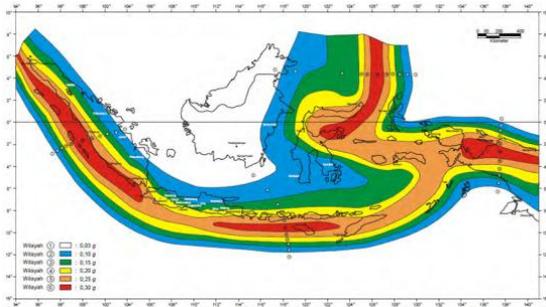
A = Luas penampang yang kena arus (m^2)

U = Kecepatan arus (m/s^2)

ρ = Berat jenis air laut ($\rho = 1.03t/m^3$)
 C_d = Koefisien drag ($C_d = 1$ untuk tiang pancang silinder)
 C_L = Koefisien Lift ($C_L = 2$ untuk tiang pancang silinder)
 s = Bagian yang *free*

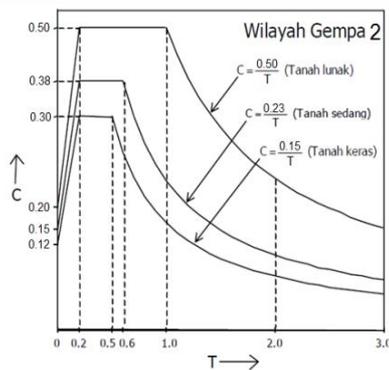
c. Beban Gempa

Wilayah gempa di Indonesia dibagi menjadi 6 zona berdasarkan percepatan puncak batuan dasarnya [3], pembagian zona ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Wilayah Gempa Indonesia dengan Percepatan Puncak Batuan Dasar Periode Ulang 500 Tahun [3]

Berdasarkan pembagian wilayah gempa di Indonesia terlihat bahwa Kabupaten Buton termasuk dalam zona gempa 2. Nilai faktor respon gempa bisa ditentukan berdasarkan grafik pada Gambar 5 [3].



Gambar 5 Respon Spektrum Gempa Rencana untuk Wilayah Gempa 2

Beban gempa dasar diperhitungkan berdasarkan Persamaan (11).

$$V = \frac{C_i}{R} W_t \quad (11)$$

Keterangan :

V = Gaya geser nominal total (N)
 C_i = Faktor respon gempa

i = Faktor keutamaan
 R = Faktor daktilitas
 W_t = Berat total struktur

d. Beban Tumbukan Kapal/*Berthing* dan Pemilihan *Fender*

Untuk menentukan jenis dermaga dan mendesain struktur dermaga, maka diperlukan data-data mengenai gaya tumbukan kapal (*berthing*) dan gaya reaksi dari *fender* yang digunakan. Analisa dilakukan terhadap kapal terbesar yang akan dilayani dermaga.

Gaya *berthing* adalah gaya yang diterima dermaga saat kapal sedang bersandar pada dermaga. Gaya maksimum yang diterima dermaga adalah saat kapal merapat ke dermaga dan membentur dermaga pada sudut 10° terhadap sisi depan dermaga. Gaya benturan diterima dermaga dan energinya diserap oleh *fender* pada dermaga. Gaya benturan kapal yang harus ditahan dermaga tergantung pada energi benturan yang diserap oleh sistem *fender* yang dipasang pada dermaga. Gaya benturan bekerja secara horizontal dan dapat dihitung berdasarkan energi benturan pada tipe *fender* yang digunakan [2]. Besar energi tersebut dihitung dengan menggunakan Persamaan (12).

$$E_f = \frac{M_s \cdot V^2}{2} \cdot C_e \cdot C_m \cdot C_s \cdot C_c \quad (12)$$

Keterangan:

E_f = Energy *berthing* (kNm)
 M_s = Massa air yang dipindahkan saat kapal berlabuh (ton)
 V = Kecepatan kapal saat membentur dermaga (m/s)
 C_e = Koefisien eksentrisitas
 C_m = Koefisien massa semu
 C_s = Koefisien kekerasan
 C_c = Koefisien konfigurasi penambatan

a) Koefisien Eksentrisitas (C_e)

Koefisien eksentrisitas (Persamaan (13)) adalah koefisien yang mereduksi energi yang disalurkan ke *fender* [3]

$$C_e = \frac{1}{1 + \left(\frac{l}{r}\right)^2} \quad (13)$$

Keterangan:

C_e = Koefisien eksentrisitas
 l = Jarak sepanjang permukaan air dermaga

dari pusat berat kapal sampai titik sandar kapal seperti terlihat dalam gambar (m)

r = Jari-jari putaran di sekeliling pusat berat kapal pada permukaan air dan diberikan oleh gambar (m)

b) Koefisien Massa Semu (C_m)

Koefisien massa tergantung pada gerakan air di sekeliling kapal, yang dapat dihitung dengan Persamaan (14) dan Persamaan (15).

$$C_m = 1 + \frac{2\pi}{2C_b} \times \frac{d}{B} \quad (14)$$

$$C_b = \frac{\nabla}{L_{PP} B d} \quad (15)$$

Keterangan :

C_b = Block coefficient

∇ = Volume air yang dipindahkan kapal (m^3)

L_{PP} = Panjang garis air (m)

B = Lebar kapal (m)

d = Bagian kapal yang tenggelam (m)

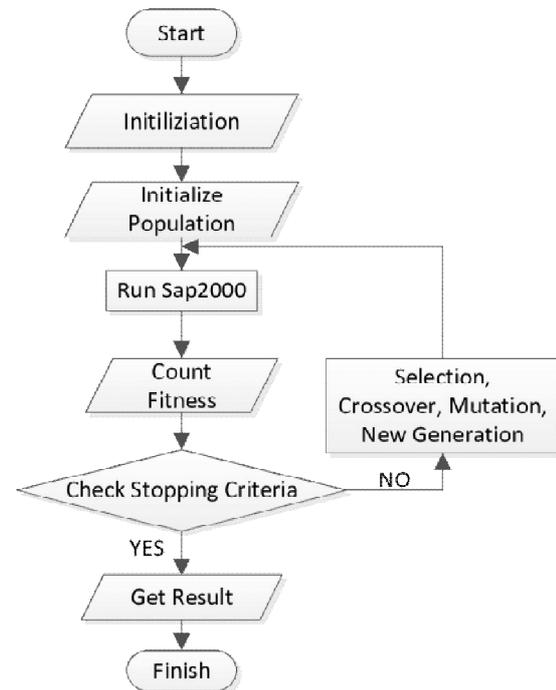
c) Koefisien *Softness* (C_s)

Koefisien *softness* merupakan koefisien yang mempengaruhi energi bentur yang diserap oleh lambung kapal. Nilai koefisien *softness* diambil sebesar 1.

2.4 Prosedur SAP2000

Setelah mendapatkan desain, dimensi, material, dan gaya-gaya yang bekerja pada dermaga maka dilakukan pemodelan numerik struktur dermaga menggunakan aplikasi SAP2000 dengan desain, dimensi dan material yang telah ditentukan. Lalu memasukkan gaya-gaya yang bekerja pada dermaga (beban mati, hidup, gelombang, arus dan lain-lain), Kemudian *running* hasil model yang telah dibuat terhadap gaya-gaya yang bekerja. Setelah itu dilakukan pengecekan apakah model yang dibuat mampu menahan gaya-gaya yang bekerja. Apabila model dapat menahan gaya-gaya yang bekerja maka pemodelan numerik menggunakan SAP2000 selesai dilakukan. Namun apabila model tidak dapat menahan gaya-gaya yang bekerja maka dilakukan kembali peninjauan terhadap desain, dimensi dan material yang digunakan dan mengulangi prosedur pemodelan numerik menggunakan SAP2000 sampai model dapat

menahan gaya-gaya yang bekerja. Gambar 6 menunjukkan *flowchart* SAP2000.



Gambar 6 *Flowchart* SAP2000

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Analisis Pembebanan SAP

1) Potongan Memanjang

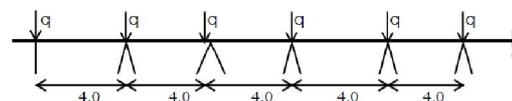
a. Beban Mati

Berat sendiri balok memanjang adalah

$$q_{beton} = \rho_{beton} * b * l * t$$

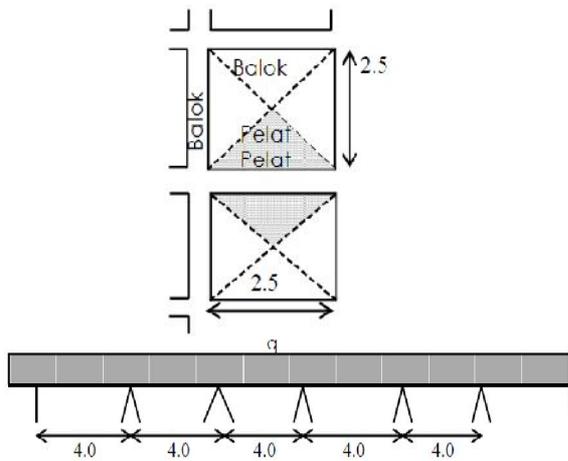
$$q_{beton} = 2400 * 0.5 * 4 * 0.7 = 3.36 \text{ ton}$$

Beban ini diaplikasikan pada *join-join* di lantai dermaga seperti pada Gambar 7.



Gambar 7 Distribusi Beban Mati pada *Join* Lantai Dermaga (Potongan Memanjang)

Distribusi beban pelat mengikuti peraturan SK SNI 03 - 2847 - 2002 dengan area distribusi seperti pada Gambar 8.



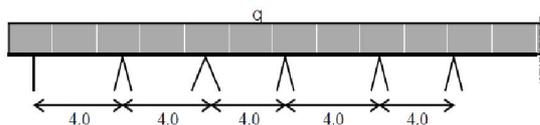
Gambar 8 Area Distribusi Beban Pelat Mengikuti Peraturan SK SNI 03 - 2847 – 2002 (Potongan Memanjang)

$$V_{\Delta} = \frac{1}{2} * 2.5 * 1.3 * 0.25 = 0.391 \text{ m}^3$$

$$q_{plat} = \rho_{beton} * 2 * V_{\Delta} = 2400 * 2 * 0.3 = 1.875 \text{ ton/m}$$

b. Beban Hidup

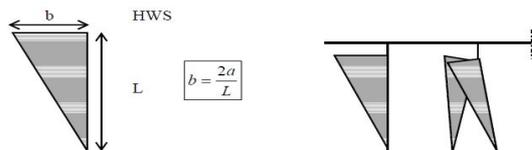
Beban hidup pada dermaga adalah beban UDL maksimum. Distribusi area sama dengan pembebanan pelat. Beban ini diaplikasikan pada rantai dermaga, ditunjukkan oleh Gambar 9 dengan $UDL_{maksimum} = 2.1491 \text{ t/m}^2$ dan $q_{UDL} = 8.5963 \text{ t/m}$.



Gambar 9 Distribusi Beban UDL Maksimum (Potongan Memanjang)

c. Beban Gelombang

Beban gelombang pada tiang telah dihitung sebelumnya, Beban ini terdistribusi dengan bentuk segitiga dari seabed sampai HWS, ditunjukkan oleh Gambar 10.

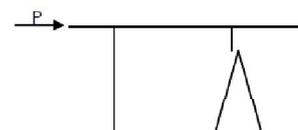


Gambar 10 Distribusi Beban Gelombang pada Tiang (Potongan Memanjang)

Keterangan :

- a = Besar beban hasil perhitungan adalah 0.985 ton
- L = Panjang tiang dari seabed hingga HWS = 18.44 m
- b = Besar beban distribusi adalah 0.10687 t/m

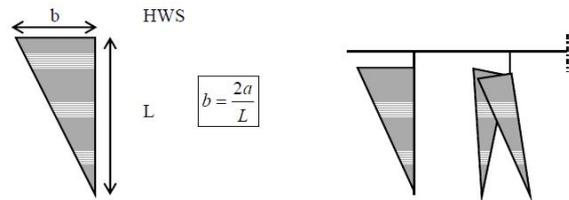
Beban gelombang pada tepi dermaga pada potongan memanjang datang dari arah melintang $P = 0.4949 \text{ ton}$, ditunjukkan oleh Gambar 11.



Gambar 11 Beban Gelombang pada Tepi Dermaga (Potongan Memanjang)

d. Beban Arus

Telah dihitung sebelumnya, beban ini terdistribusi dengan bentuk segitiga dari seabed sampai HWS, ditunjukkan oleh Gambar 12.



Gambar 12 Distribusi Beban Arus

Keterangan :

- a = Besar beban hasil perhitungan adalah 0.037 ton
- L = Panjang tiang dari seabed hingga HWS = 18.44 m
- b = Besar beban distribusi adalah 0.00396 t/m

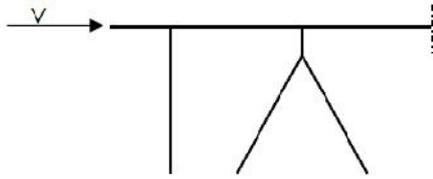
e. Beban Gempa

Pada potongan memanjang ini hanya terdapat gempa dari arah melintang, sehingga besar beban gempa yang telah dihitung sebelumnya, kemudian dibagi dengan jumlah *join* pada arah melintang, ditunjukkan oleh Gambar 13. Tabel 1 menunjukkan rekapitulasi pembebanan (potongan memanjang)

$$V = 1588.4 \text{ ton}$$

$$\text{Jumlah Join} = 2$$

$$V = 1588.4/2 = 794.2 \text{ ton}$$



Gambar 13 Distribusi Gempa dari Arah Melintang

Tabel 1 Rekapitulasi Pembebanan (Potongan Memanjang)

Rekapitulasi pembebanan	
1.) Beban Mati	
Berat sendiri balok memanjang	3.36 ton
Berat pelat	1.875 t/m
2.) Beban Hidup	8.596257941 t/m
3.) Beban Gelombang	
Beban gelombang pada tiang	0.106874847 t/m
Beban gelombang pada tepi dermaga	0.494866776 ton
4.) Beban Arus	0.003962661 t/m
5.) Beban Gempa	794.2001289 ton

f. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SK SNI 03 – 847 – 2002 ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2 Kombinasi Pembebanan (Potongan Memanjang)

Kombinasi Pembebanan				
Combo 1	1.4	DL	+	1.4 G
Combo 2	1.2	DL	+	1.6 LL
Combo 3	1.2	DL	+	1.0 LL
Combo 4	1.2	DL	+	1.6 LL
Combo 5	1.2	DL	+	1.0 LL

Keterangan :

- DL = Beban mati
- LL = Beban hidup
- E = Beban gempa
- A = Beban arus
- G = Beban gelombang

g. Hasil Analisa Struktur

Tabel 3 menunjukkan hasil analisa struktur (potongan memanjang)

Tabel 3 Hasil Analisa Struktur (Potongan Memanjang)

Struktur	Momen Positif ton.m	Momen Negatif ton.m	Geser ton	Combo
Balok Dermag	7.807	-12.929	10.6127	4
Poer tipe 1	3.74		0.055	4
Poer tipe 2	11.73		3.27	4

h. Daya Dukung Tiang

Dari pemodelan ini didapat juga nilai daya dukung terbesar dari hasil reaksi perletakan yaitu $R = 31.02$ ton

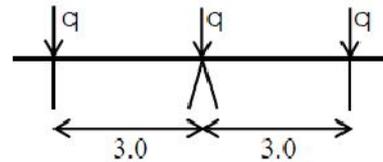
2) Potongan Melintang

a. Beban Mati

Beban ini diaplikasikan pada *join-join* dermaga, ditunjukkan oleh Gambar 14.

$$q_{beton} = \rho_{beton} * b * l * t$$

$$q_{beton} = 2400 * 0.5 * 3 * 0.7 = 2.25 \text{ ton}$$



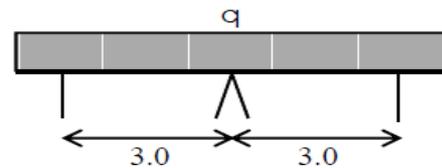
Gambar 14 Distribusi Beban Mati pada *Join* Lantai Dermaga (Potongan Melintang)

b. Beban Hidup

Beban hidup pada dermaga adalah beban UDL_{maksimum}. Distribusi area sama dengan pembebanan pelat. Beban ini diaplikasikan pada lantai dermaga yang ditunjukkan oleh Gambar 15.

$$UDL_{maksimum} = 2.15 \text{ t/m}^2$$

$$q_{UDL} = 6.4472 \text{ t/m}$$

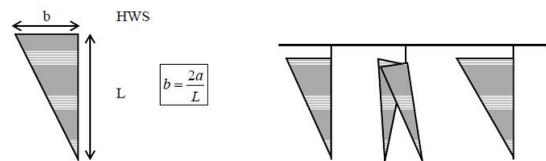


Gambar 15 Distribusi Beban UDL_{maksimum} (Potongan Melintang)

c. Beban Gelombang

Beban gelombang pada tiang telah dihitung sebelumnya. Beban gelombang terdistribusi dengan bentuk segitiga dari *seabed* sampai HWS., ditunjukkan oleh Gambar 16.

$$UDL_{maksimum} = 0.9853 \text{ ton}$$



Gambar 16 Distribusi Beban Gelombang pada Tiang (Potongan Melintang)

Keterangan :

a = Besar beban hasil perhitungan adalah 0.985 ton

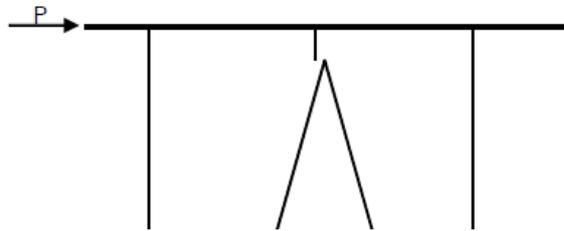
L = Panjang tiang dari *seabed* hingga

HWS = 18.44 m

b = Besar beban distribusi adalah 0.10687 t/m

Beban ini pada potongan memanjang datang dari arah melintang yang ditunjukkan oleh Gambar 17.

$$P = 0.4949 \text{ ton}$$



Gambar 17 Beban Gelombang pada Tepi Dermaga (Potongan Melintang)

d. Beban Arus

Telah dihitung sebelumnya, beban arus terdistribusi dengan bentuk segitiga dari seabed sampai HWS, dengan keterangan :

- a = Besar beban hasil perhitungan adalah 0.037 ton
- L = Panjang tiang dari seabed hingga HWS = 18.44 m
- b = Besar beban distribusi = 0.00396 t/m

e. Beban Gempa

Pada potongan memanjang ini hanya terdapat gempa dari arah melintang, sehingga besar beban gempa yang telah dihitung sebelumnya, kemudian dibagi dengan jumlah join pada arah melintang.

$$V = 1588.4 \text{ ton}$$

$$\text{Jumlah Join} = 25$$

$$V = 1588.4/25 = 63.54 \text{ ton}$$

f. Beban Berthing

Beban ini diwakilkan oleh reaksi fender dan bekerja dengan skema seperti pada Gambar 18.



Gambar 18 Distribusi Beban Berthing

Reaksi fender diasumsikan ditahan oleh tiga tiang dengan nilai koefisien masing-masing tiang adalah :

$$\text{Tiang 1} = 0.5$$

$$\text{Tiang 2} = 1.0$$

$$\text{Tiang 3} = 0.5$$

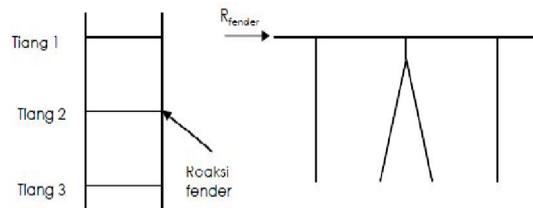
$$R_{fender} = 206.9\text{kN} = 21.1 \text{ ton}$$

$$\bar{R}_{fender} = \left(\frac{\text{koef. tiang}}{\text{total koef}} \right) * R_{fender}$$

$$\bar{R}_{fender} = \left(\frac{1}{2} \right) * 21.1 = 10.55 \text{ ton}$$

g. Beban Moring

Beban ini diwakilkan oleh berat bollard dan bekerja pada titik yang sama dengan beban berthing. Berat bollard = 15 ton. Distribusi beban moring ditunjukkan oleh Gambar 19. Tabel 4 menunjukkan rekapitulasi pembebanan (potongan memanjang).



Gambar 19 Distribusi Beban Moring

Tabel 4 Rekapitulasi Pembebanan (Potongan Memanjang)

Rekapitulasi pembebanan	
1.) Beban Mati	
Berat sendiri balok melintang	2.52 ton
Berat pelat	2.7 t/m
2.) Beban Hidup	
	6.447193456 t/m
3.) Beban Gelombang	
Beban gelombang pada tiang	0.106874847 t/m
Beban gelombang pada tepi dermaga	0.494866776 ton
4.) Beban Arus	
	0.003967661 t/m
5.) Beban Gempa	
	63.53601031 ton
6.) Beban Berthing	
	10.54896202 ton
7.) Beban Mooring	
	15 ton

h. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan berdasarkan SK SNI 03 – 2847 - 2002, ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5 Kombinasi Pembebanan Berdasarkan SK SNI 03 – 2847 – 2002 (Potongan Memanjang)

Kombinasi Pembebanan	
Combo 1	1.4 DL + 1.4 G + 1.4 A
Combo 2	1.2 DL + 1.6 LL
Combo 3	1.2 DL + 1.0 LL + 1.0 E
Combo 4	1.2 DL + 1.6 LL + 1.2 G + 1.2 A + 1.6 B
Combo 5	1.2 DL + 1.6 LL + 1.2 G + 1.2 A + 1.6 M
Combo 6	1.2 DL + 1.0 LL + 0.3 E

DL = Beban mati

LL = Beban hidup

E = Beban gempa

A = Beban arus

G = Beban gelombang

- B = Beban *berthing*
- M = Beban *mooring*

i. Gaya dalam Maksimum

Tabel 6 menunjukkan hasil analisa struktur (potongan memanjang).

Tabel 6 Hasil Analisa Struktur (Potongan Memanjang)

Struktur	Momen 3-3 [kN.m]	Combo	Geser 3-3 [kN]
Balok	12.929	4	5.742
Poer tipe 1	3.74	4	0.055
Poer tipe 2	11.73	1	3.27

j. Penentuan *Unity Check Range* (UCR)

Penentuan UCR model struktur dilakukan dengan kombinasi pembebanan tanpa *load factor*, seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 7.

Tabel 7 Kombinasi Pembebanan Tanpa *Load Factor* (Potongan Memanjang)

Kombinasi Pembebanan	
Combo 1	1.0 DL + 1.0 G + 1.0 A
Combo 2	1.0 DL + 1.0 LL
Combo 3	1.0 DL + 1.0 LL + 1.0 E
Combo 4	1.0 DL + 1.0 LL + 1.0 G + 1.0 A + 1.0 B
Combo 5	1.0 DL + 1.0 LL + 1.0 G + 1.0 A + 1.0 M
Combo 6	1.0 DL + 1.0 LL + 1.0 E

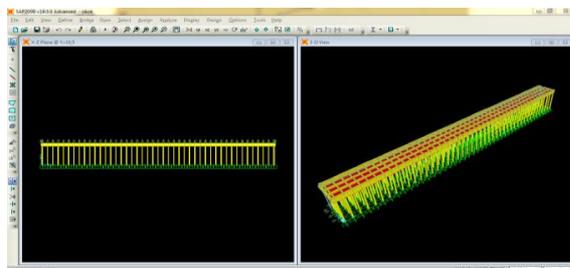
Berdasarkan Tabel 7 dapat diketahui *range* nilai UCR adalah 0,07-0,4 sehingga struktur tiang masih dalam batas aman.

k. Daya Dukung Tiang

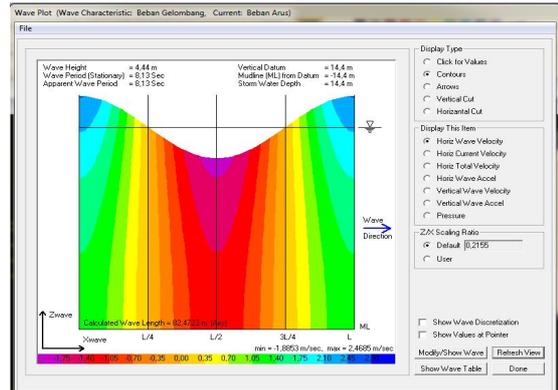
Dari pemodelan ini didapat juga nilai daya dukung terbesar dari hasil reaksi perletakan yaitu R = 31.02 ton

3.2 Hasil Analisis SAP2000

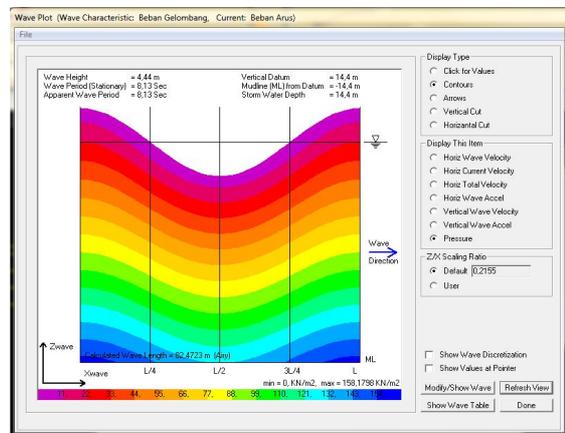
Pemodelan numerik struktur dermaga dilakukan dengan menggunakan *software* SAP2000 dan data-data struktur dermaga dan pembebanan. Adapun hasil analisis SAP2000 dapat dilihat pada Gambar 20-27.



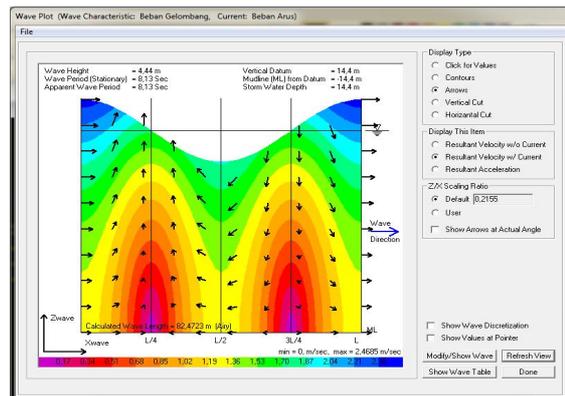
Gambar 20 Pemodelan Struktur Dermaga pada SAP2000



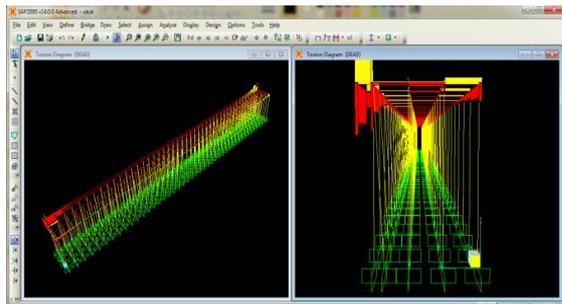
Gambar 21 Simulasi Gelombang Arah Horizontal Terhadap Struktur Menggunakan SAP2000



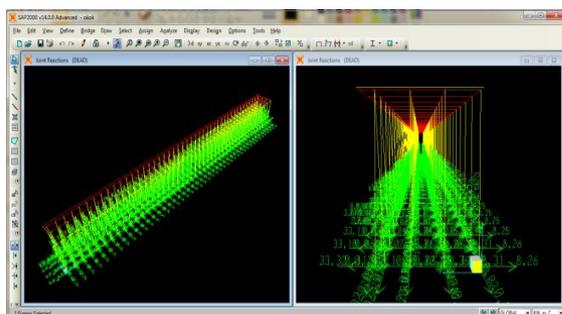
Gambar 22 Simulasi Tekanan Gelombang Terhadap Struktur Menggunakan SAP2000



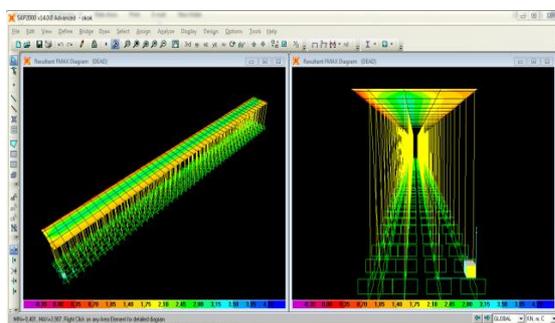
Gambar 23 Simulasi Kecepatan Resultan Terhadap Struktur Menggunakan SAP2000



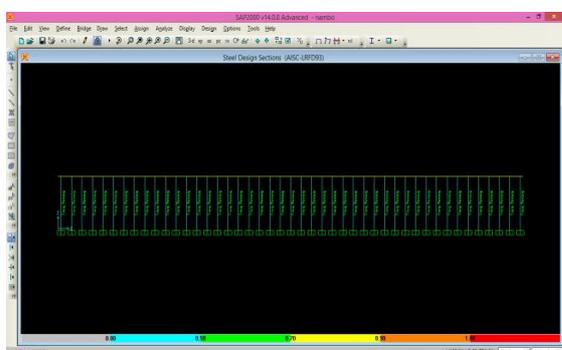
Gambar 24 Pengaruh Gaya Terhadap *Frame* pada Struktur Menggunakan SAP2000



Gambar 25 Pengaruh Gaya Terhadap *Join* pada Struktur Menggunakan SAP2000



Gambar 26 Pengaruh Gaya Terhadap *Plat* pada Struktur Menggunakan SAP2000



Gambar 27 Hasil Analisis Menggunakan SAP2000

Gambar 27 memperlihatkan bahwa hasil perencanaan dermaga ini mampu menahan beban mati, hidup, gelombang, angin, arus dan gempa yang berada di lokasi rencana, sehingga layak untuk diaplikasikan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemodelan pembebanan gaya pada struktur dermaga dengan aplikasi SAP2000 menunjukkan bahwa struktur dermaga mampu menahan gaya-gaya yang berkerja pada dermaga, seperti beban hidup, mati, gelombang, angin, arus, gempa dan lain-lain. Baik terhadap sisi memanjang dermaga maupun terhadap sisi melintang dermaga.

5. SARAN

Apabila ada yang tertarik untuk melanjutkan penelitian ini, kami menyarankan untuk melakukan perbandingan hasil pemodelan numerik dengan aplikasi sejenis, seperti ETABS dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Karamma and A. S. Sukri, "Pemodelan Pasang Surut Terhadap Surf Zone Menggunakan Surfer, FortranC++ dan Gis pada Pantai Kota Makassar," *semanTIK*, Vol. 4, No. 2, pp. 47–56, 2018.
- [2] B. Triatmojo, *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset, 2009.
- [3] D. P. D. P. Wilayah, "Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung SNI – 1726 - 2002," 2002. [Online]. Available: <http://sipil.upi.edu/wp-content/uploads/2016/11/SNI-03-1726-2002-STD-PERC-KETAHANAN-GEMPA-STR-BANG-GEDUNG.pdf>. [Accessed: 02-Mar-2019].