

Evaluasi Struktur Atas Dermaga 1.000 DWT terhadap Berbagai Zona Gempa berdasarkan Pedoman Tata Cara Perencanaan Pelabuhan Tahun 2015

NANDIRA VIRGIE ALVIO NILASARI, KAMALUDIN

Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Nasional, Bandung
e-mail: nandira_virgie@yahoo.com

ABSTRAK

Dermaga kapasitas 1000 DWT dibangun untuk jenis kapal penumpang maupun cargo. Pentingnya akan kualitas struktur pada dermaga menjadi prioritas utama sebagai penopang beban bangunan dan gaya dari pengaruh luar bangunan seperti gempa. Penelitian ini mengkaji pengaruh dari faktor beban hidup sebesar 3 ton dan variasi kombinasi beban gempa serta kedalaman tiang pancang yang bekerja pada struktur dermaga terhadap kebutuhan penulangan pada pembalokan. Ada 4 jenis model zona gempa dengan 3 model kedalaman tiang pancang yang dilakukan yaitu: zona gempa pada 0,2 g, 0,5 g, 0,8 g dan 1,2 g dan kedalaman tiang pancang pada 15 m, 20 m dan 25 m terhadap kebutuhan akan tulangan. Hasil analisis menunjukkan bahwa gaya akibat beban gempa terhadap penulangan utama pada balok dermaga mempunyai pengaruh yang tidak signifikan dibandingkan dengan gaya akibat kombinasi beban tanpa gempa, sehingga penulangan utama pada balok dermaga semua sama untuk semua zona gempa.

Kata kunci: dermaga 1.000 DWT, gempa, tiang pancang, penulangan

ABSTRACT

Dock with capacity of 1000 DWT were built for ship type of passengers and cargo. The importance of the quality of the structure of the pier is a top priority as a load-bearing building and building force from outside influences such as earthquakes. This study examines the effect of live load factor of 3 ton and variations in seismic load combinations as well as the depth of piling work on the structure of the pier to the needs reinforcement in beam. There are four types of models quake zone with 3 models of the depth of the pile made, which is the earthquake zone at 0.2 g, 0.5 g, 0.8 g and 1.2 g and the depth of piles at 15 m, 20 m and 25 m against the need for reinforcement. Results of the analysis showed that force from earthquakes influence against prime reinforcement beam on the pier did not have significant role compared to the combination load bearing force without earthquakes, so that the prime reinforcement on beam at the piers is the same with all earthquakes zone.

Keywords: 1.000 DWT wharf, earthquakes, poles, reinforcement

1. PENDAHULUAN

Dermaga adalah bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaikturunkan penumpang (Kementerian Perhubungan Republik Indonesia, 2015). Dermaga kapasitas 1.000 DWT banyak dibangun untuk jenis kapal penumpang maupun cargo. Dermaga yang di rancang harus memenuhi syarat dari segi kekuatan, ekonomis, dan kenyamanan. Pentingnya akan kualitas struktur pada dermaga menjadi prioritas utama sebagai penopang beban bangunan dan gaya dari pengaruh luar bangunan seperti, gempa. Oleh karena itu perencanaan struktur dermaga harus diperhatikan, aspek penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah penulangan pada pembalokan untuk mendapatkan jumlah tulangan utama pada balok. Acuan penulangan untuk pembangunan dermaga dalam hal ini sangat dibutuhkan. Faktor beban hidup sebesar 3 ton/m² yang diterapkan pada dermaga cukup besar sehingga pengaruh gaya gempa dan kedalaman tiang pancang yang berbeda akankah mempengaruhi kebutuhan akan tulangan pada struktur dermaga. Adanya keraguan tersebut membuktikan perlunya evaluasi penulangan dermaga 1.000 DWT berdasarkan data pedoman tata cara perencanaan pelabuhan tahun 2015. Hasil Evaluasi berupa penulangan balok yang dipengaruhi zona gempa. Tujuan dilakukannya evaluasi dermaga 1.000 DWT adalah untuk mengkaji pengaruh zona gempa dan kedalaman tiang pancang yang berbeda terhadap penulangan di dermaga, sedangkan manfaat dari penelitian ini adalah sebagai referensi untuk konsultan dalam hal perencanaan desain dermaga 1.000 DWT pada beberapa zona gempa dan kedalaman tiang pancang yang berbeda.

2. Kajian Pustaka

2.1 Kajian Peraturan dari Kementerian Perhubungan Republik Indonesia Tahun 2015

Dimensi kapal seperti panjang, lebar dan *draft* dari berbagai jenis kapasitas kapal dapat dilihat pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1. Principal Dimensions of Vessel Cannot be Identified for cargo ship (Sumber: Kementerian Perhubungan Republik Indonesia Tahun 2015)

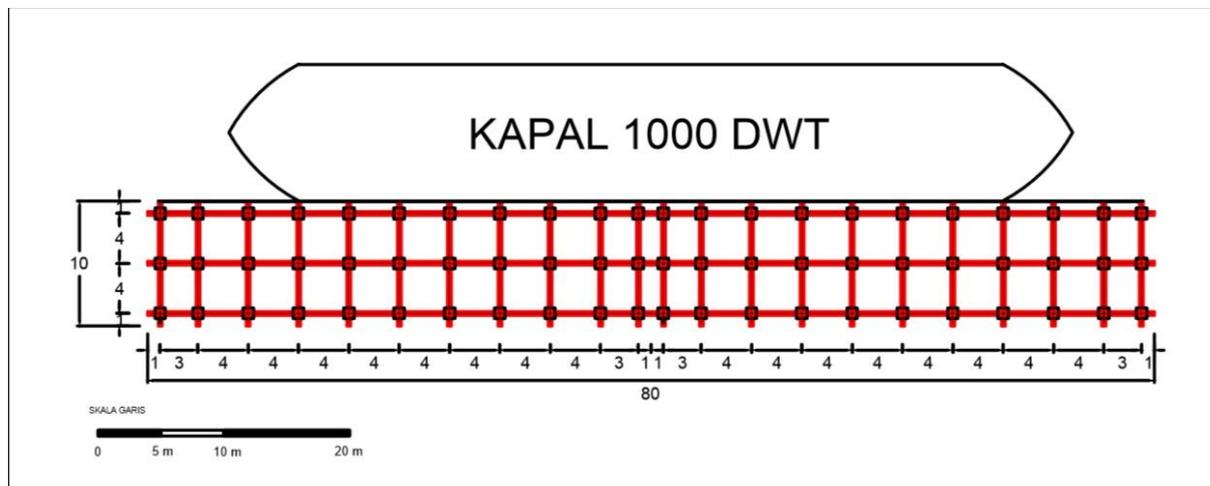
<i>Dead Weight Tonnage (DWT)</i> [ton]	<i>Length Overall (L)</i> [m]	<i>Molded Breadth (B)</i> [m]	<i>Full Load Draft (d)</i> [m]
1.000	67	10,9	3,9
2.000	83	13,1	4,9
3.000	94	14,6	5,6
5.000	109	16,8	6,5
10.000	137	19,9	8,2
12.000	144	21,0	8,6
18.000	161	23,6	9,6

2.2 Perencanaan Struktur Atas Dermaga

1. Pengertian Pelabuhan dan Dermaga

Pelabuhan (*port*) adalah kawasan perairan yang terlindung terhadap gelombang, yang dilengkapi dengan fasilitas terminal yang meliputi dermaga, di mana kapal dapat bertambat untuk melakukan kegiatan bongkar muat barang, *crane-crane* untuk bongkar muat peti kemas, gudang laut, tempat-tempat penyimpanan di mana kapal membongkar muatannya dan gudang-gudang di mana barang-barang dapat disimpan dalam waktu yang lebih

panjang selama menunggu pengiriman ke daerah tujuan atau pengapalan. Dalam penelitian ini, perencanaan dimensi dermaga dibatasi dengan jenis kapal ukuran 1.000 DWT yang mengacu pada Standar Dermaga tahun 2012. **Gambar 1** menunjukkan desain denah dermaga ukuran kapal 1.000 DWT dan **Gambar 2** menunjukkan foto kapal 1.000 DWT.



Gambar 1. Denah dermaga 1.000 DWT



Gambar 2. Foto kapal 1.000 DWT

2.3 Pembebanan

1. Beban Mati

Beban mati adalah beban yang disebabkan oleh gravitasi yang permanen, dalam hal ini beban mati merupakan berat sendiri struktur maupun beban mati tambahan. Beban mati yang diperhitungkan dalam perencanaan dermaga yaitu:

1. beton bertulang : 2,4 kN,
2. baja : 7,850 N/m²,
3. Super Dead Load : 80 N/m².

2. Beban Hidup

Beban hidup yang diperhitungkan adalah beban merata sebesar 3 ton (Jenis *Dump Truck* yang digunakan *Rigid Truck*).

3. Beban Gempa

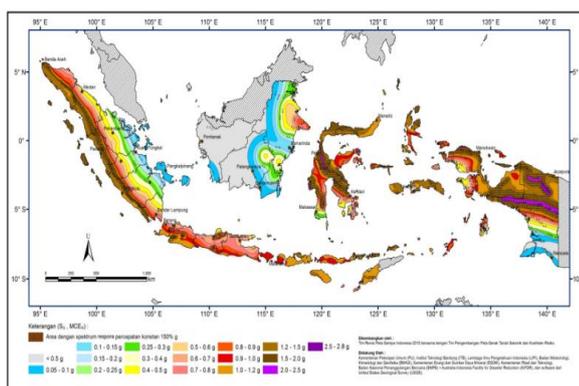
Berdasarkan **Tabel 2** kategori resiko bangunan gedung dan struktur lainnya, gempa memiliki kategori resiko IV dan faktor keutamaan gempa (l_e) untuk dermaga termasuk

kedalam kategori resiko IV dengan faktor keutamaan sebesar 1,5 sesuai pada **Tabel 2** berikut.

Tabel 2. Kategori Resiko Gempa (Sumber: SNI 03-1726-2012)

Jenis Pemanfaatan Struktur	Kategori Resiko
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk ke dalam kategori resiko I,III,IV	II
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk kedalam kategori resiko IV	III
Gedung dan struktur lainnya yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting.	IV

Gambar 2 merupakan peta gempa yang digunakan dalam menentukan Ss dan S1 untuk suatu lokasi struktur.



Gambar 2. Ss dan S1 Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko-tertarget (MCER), kelas situs SB (Sumber: puskim.pu.go.id)

4. Beban Kapal

a. Beban Tumbukan Kapal (*Berthing*)

Gaya sandar adalah gaya yang ditimbulkan akibat adanya benturan antara kapal dan dermaga. Benturan kapal pada dermaga dapat dilihat pada **Gambar 3**. Gaya benturan yang bekerja secara pada struktur dermaga dan dapat dihitung berdasarkan energi *berthing* seperti **Persamaan 1**. Nilai kecepatan merapat kapal yang akan digunakan dalam energi benturan kapal dapat dilihat pada **Tabel 3** berikut ini.

$$E = \left(\frac{M_s \cdot v^2}{2} \right) * C_e * C_m * C_s * C_c$$

... (1)

Dimana:

- E = energi *berthing* (kN),
- M_s = berat kapal (ton),
- C_e = koefisien eksentrisitas,

- C_m = koefisien massa,
 C_s = koefisien *softness* (1,0),
 C_c = koefisien berthing (1,0).

Tabel 3. Kecepatan Merapat Kapal Pada Dermaga [v] [m/d]
(Sumber: Pelabuhan, Bambang Triatmodjo, 1996)

Ukuran Kapal (DWT)	Kecepatan Merapat Kapal [$\frac{m}{d}$]	
	Pelabuhan	Laut Terbuka
Sampai 500	0,25	0,30
501 – 10.000	0,15	0,20
10.001 – 30.000	0,15	0,15
Di atas 30.001	0,12	0,15

b. Beban Tambat (*Mooring*)

Gaya tambat adalah gaya tarikan kapal pada alat penambat yang disebabkan oleh tiupan angin dan arus pada badan kapal. Kapal yang merapat di dermaga akan ditambatkan dengan menggunakan tali ke alat penambat yang disebut *bollard*. Gaya tarik *bollard* diambil dari *Standard Design Criteria for Port in Indonesia* 1984, yaitu sesuai **Tabel 4** di bawah ini.

Tabel 4. Gaya Tambat Sesuai Bobot Kapal
(Sumber: Standard Design Criteria for Port in Indonesia, 1984)

<i>Gross Tonnage</i>	<i>Tractive Force on Bollard</i> [ton]	<i>Tractive Force on Bitt</i> [ton]
200 - 500	15	10
501 - 1.000	25	15
1.001 - 2.000	35	15
2.001 - 3.000	35	25
3.001 - 5.000	50	35
5.001 - 10.000	70	50

Beban *bollard* terdiri dari komponen arah tegak lurus dan arah sejajar dermaga seperti tertulis pada **Persamaan 2** dan **Persamaan 3** berikut:

$$F_x = F \cos 60 \quad \dots (2)$$

$$F_y = F \sin 60 \quad \dots (3)$$

Dimana:

F_x = Force / gaya sejajar arah X (kN),

F_y = Force / gaya sejajar arah Y (kN).

c. Beban Angin

Beban angin yang bekerja pada struktur bangunan tergantung dari kecepatan angin rapat massa udara, letak geografis, bentuk dan ketinggian bangunan serta kekakuan struktur.

Beban angin yang bekerja terhadap struktur dermaga dapat dilihat pada **Persamaan 4** berikut.

$$W = V * A \quad \dots (4)$$

Dimana :

W = beban angin (kg),

V = kecepatan angin (kg/m²),

A = luas penampang balok yang memikul angin (m²).

2.4 Struktur Beton Bertulang

Jenis keruntuhan yang dapat terjadi pada balok beton bertulang adalah sebagai berikut :

- Keruntuhan tarik, jenis keruntuhan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan kecil atau jumlah tulangnya lebih sedikit sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum baja tulangan sudah mencapai regangan lelehnya sedangkan beton belum hancur (beton belum mencapai regangan maksimumnya = 0,003). Balok dengan keruntuhan ini bersifat *ductile*.
- Keruntuhan tekan, jenis keruntuhan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan besar atau jumlah tulangnya banyak, sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan belum mencapai regangan lelehnya sedangkan beton sudah hancur (beton sudah mencapai regangan maksimumnya = 0,003). Balok dengan kondisi ini keruntuhan seperti ini bersifat getas.
- Keruntuhan seimbang, jenis keruntuhan ini terjadi pada balok dengan rasio tulangan yang seimbang sehingga pada saat beban yang bekerja maksimum, baja tulangan dan beton hancur secara bersamaan. Tulangan sudah mencapai regangan lelehnya dan beton sudah mencapai regangan maksimumnya = 0,003). Balok dengan kondisi keruntuhan seperti ini bersifat getas.

2.5 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi beban yang digunakan dalam evaluasi ini adalah kombinasi beban yang terdapat pada SNI 03-1727-2013 "Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain", Kombinasi pembebanan yang digunakan seperti dibawah ini:

- 1,4 DL;
- 1,2 DL + 1,6 LL + 0,5 (Lr atau S atau R);
- 1,2 DL + 1,6 (Lr atau S atau R) + (L atau 0,5 W);
- 1,2 DL + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau S atau R);
- 1,2 DL + 1,0 E + L + 0,2 S;
- 0,9 DL + 1,0 W;
- 0,9 DL + 1,0.

Dimana:

DL = *Dead Load* (beban mati) (kN),

LL = *Live Load* (beban hidup) (kN),

S/R = *berthing / mooring* (kN),

E = beban gempa (kN),

W = beban angin (kg).

Dari rumus yang digunakan nilai S dan R seharusnya menunjukkan beban salju dan hujan tetapi pada evaluasi struktur atas dermaga ini beban yang digunakan menjadi nilai S untuk beban *berthing* sedangkan nilai R menjadi beban *mooring*.

2.6 Software Pemodelan Struktur SAP 2000 versi 14.0

SAP 2000 versi 14.0 adalah salah satu *software* analisis struktur yang banyak digunakan dalam dunia pendidikan kejuruan serta jasa konstruksi di Indonesia. SAP 2000 versi 14.0 sangat cocok digunakan untuk menganalisis dan mendesain berbagai jenis sistem struktur. Dari tingkat dasar hingga tingkat lanjut, 2D maupun 3D, geometri sederhana ke kompleks, semuanya dapat dimodelkan, dianalisis, dirancang dan dioptimalkan menggunakan pemodelan berbasis obyek yang praktis dan intuisi.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Evaluasi Dermaga

Tahapan evaluasi dermaga 1.000 DWT diawali dengan studi pustaka dan pengumpulan data teknis dermaga 1.000 DWT yang akan digunakan pada evaluasi. Pemodelan struktur dermaga dilakukan pada *software* SAP 2000 versi 14.0 dengan memasukkan beban standar dermaga dan kombinasi-kombinasi beban menurut SNI 03-1727-2013. Variasi gempa yang digunakan dalam pemodelan struktur ini antara lain 0,2g, 0,5g, 0,8g, dan 1,2g. Kedalaman tiang pancang yang digunakan dalam pemodelan struktur ini yaitu 15 m, 20 m, dan 25 m. Dari SAP 2000 versi 14.0 diperoleh data gaya dalam yang digunakan untuk menghitung jumlah tulangan yang digunakan pada balok dermaga.

3.2 Data Teknis Dermaga

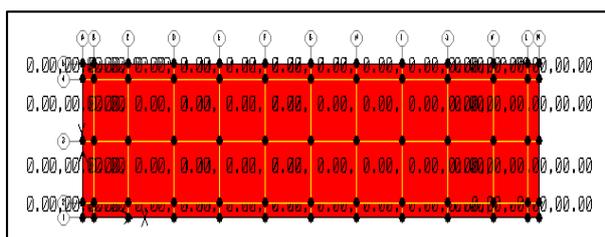
Data teknis dermaga 1.000 DWT yang digunakan dalam perencanaan ini antara lain panjang dermaga 40 m, lebar dermaga 10 m, tebal pelat lantai dermaga 30 cm dengan material beton dan mutu beton $f_c' = 28$ MPa. Ukuran balok memiliki dimensi 400 cm x 600 cm dengan material beton serta mutu beton $f_c = 35$ MPa. Kemudian tiang pancang yang digunakan memiliki tebal 12 mm, material baja *pipe*, dan tegangan leleh $f_y = 240$ MPa serta tegangan putus $f_u = 400$ MPa.

3.3 Model Pembebanan Struktur

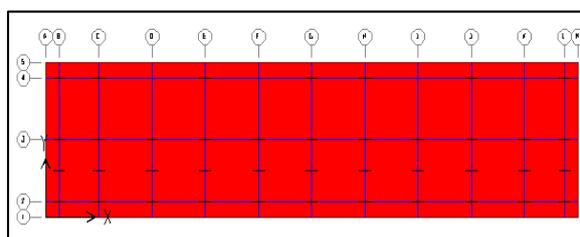
Pemodelan struktur yang didesain dalam SAP 2000 versi 14.0 menggunakan Kombinasi beban yang mengacu pada SNI 03-1727-2013 "Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain". Kombinasi beban yang dimasukkan diantaranya:

1. DL + SDL + LL
2. 1,4 DL + 1,4 SDL
3. 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,6 LL + 0,5 B
4. 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,6 LL + 0,5 M
5. 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,6 B + LL
6. 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,6 M + LL
7. 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,0 W + LL + 0,5 B
8. 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,0 W + LL + 0,5 M
9. 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,0 E_x + LL + 0,2 B
10. 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,0 E_y + LL + 0,2 B
11. 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,0 E + LL + 0,2 M
12. 0,9 DL + 0,9 SDL + 1,0 W
13. 0,9 DL + 0,9 SDL + 1,0 E

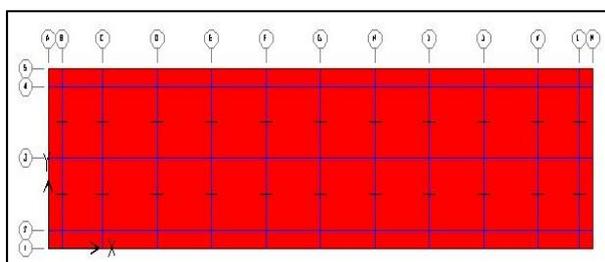
Halmana DL adalah beban mati yang bekerja pada dermaga berupa berat sendiri pelat dengan berat jenis beton yang digunakan sebesar 2.400 kg/m^3 dan berat jenis baja sebesar 7.850 kg/m^3 . SDL adalah beban mati tambahan yang terdiri dari beban mati yang bekerja pada dermaga, LL adalah beban hidup yang terdiri dari beban *forklift* sebesar 3 t/m^2 dan beban truk sebesar 3 ton (**Gambar 3**). Beban hidup dikondisikan pada posisi yang berbeda-beda. Hal ini dilakukan agar diperoleh nilai momen dan geser terbesar sehingga beban truk diletakkan di tengah salah satu bentang (LL₁) (**Gambar 4**), ditengah kedua bentang (LL₂) (**Gambar 5**), dan dipinggir salah satu bentang (LL₃) (**Gambar 6**). B/M adalah *Berthng/Mooring*, dimana beban *berthing* atau sandar adalah beban yang ditimbulkan akibat adanya benturan antara kapal dan dermaga (**Gambar 7**) dan beban *mooring* atau tambat adalah beban akibat tarikan kapal pada alat penambat yang disebabkan oleh tiupan angin dan arus pada badan kapal (**Gambar 8**).



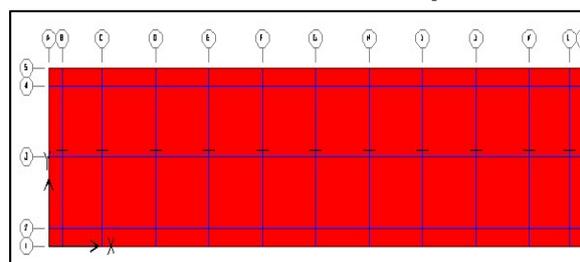
Gambar 3. Pembebanan SDL



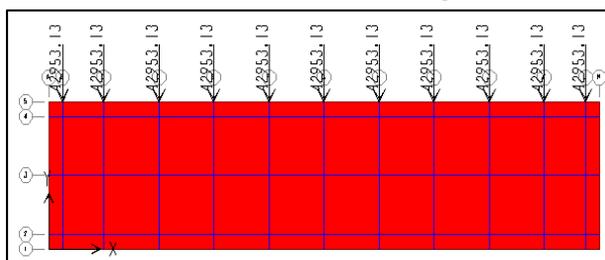
Gambar 4. Beban Hidup 1



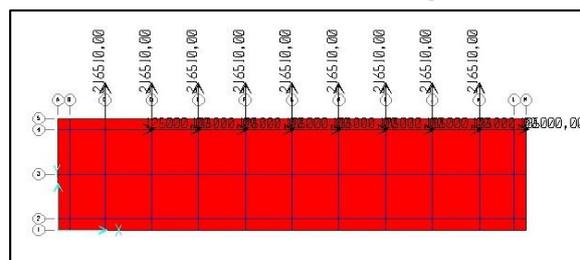
Gambar 5. Beban Hidup 2



Gambar 6. Beban Hidup 3



Gambar 7. Beban Berthing

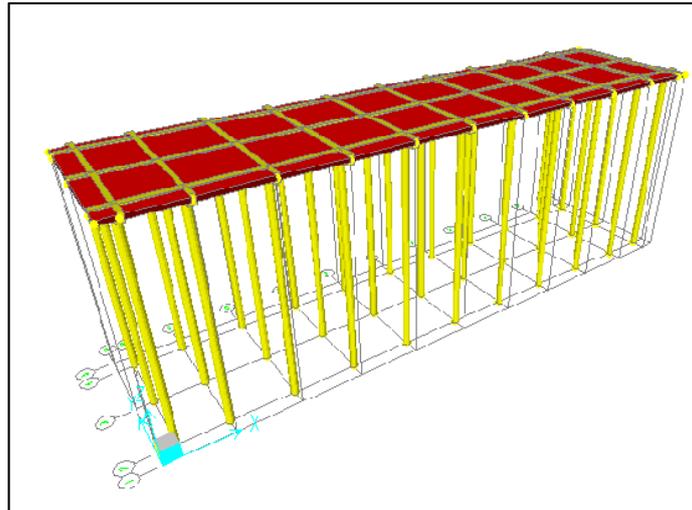


Gambar 8. Beban Mooring

3.4 Model Struktur

Pemodelan struktur dermaga 1.000 DWT yang didesain dalam evaluasi ini dapat dilihat pada **Gambar 9**. Jarak antar balok pada sisi kanan dan sisi kiri dermaga yaitu $3\text{m} \times 4\text{m}$ dan balok ditengah bentang dermaga memiliki jarak $4\text{m} \times 4\text{m}$. Tiang pancang yang dimodelkan dalam evaluasi struktur dermaga ini menggunakan kedalaman tiang pancang berukuran 15m, 20m dan 25 m.

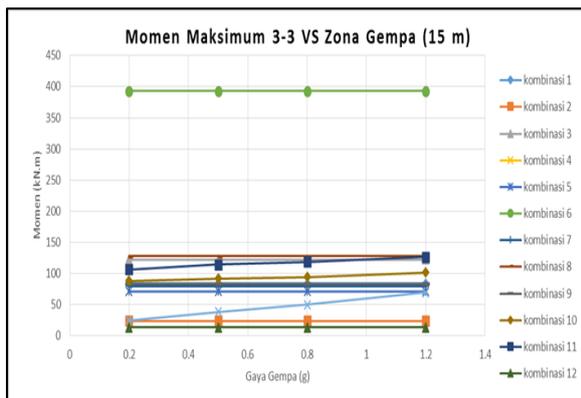
Evaluasi Struktur Atas Dermaga 1.000 DWT terhadap berbagai Zona Gempa berdasarkan Pedoman Tata Cara Perhitungan Perencanaan Pelabuhan Tahun 2015



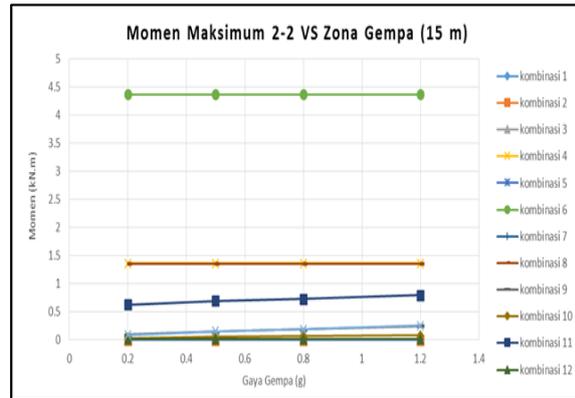
Gambar 9. Model struktur dermaga 1.000 DWT

4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

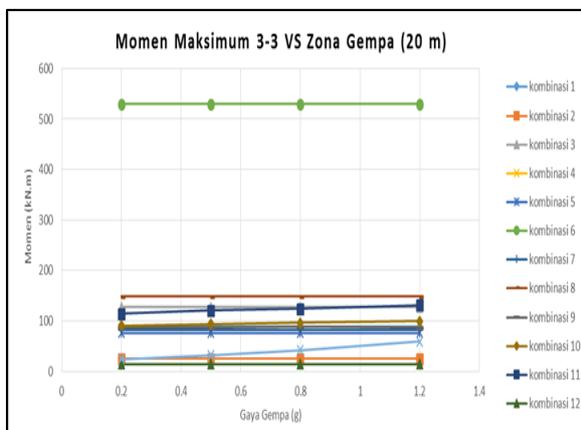
4.1 Data yang Diperoleh dari Analisis Struktur



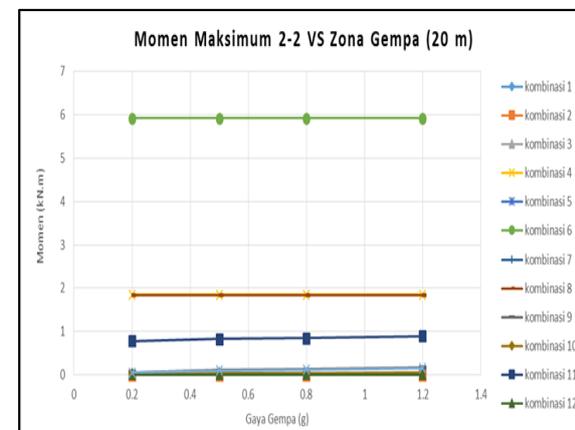
Grafik 1. Momen 3-3 terhadap Gaya Gempa



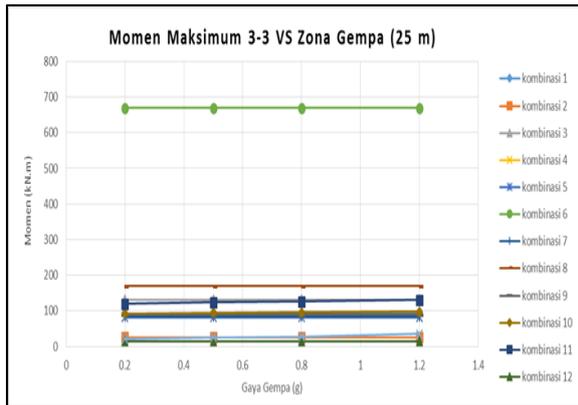
Grafik 2. Momen 2-2 terhadap Gaya Gempa



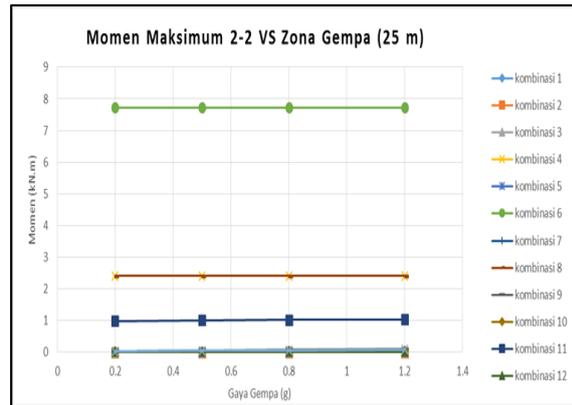
Grafik 3. Momen 3-3 terhadap Gaya Gempa



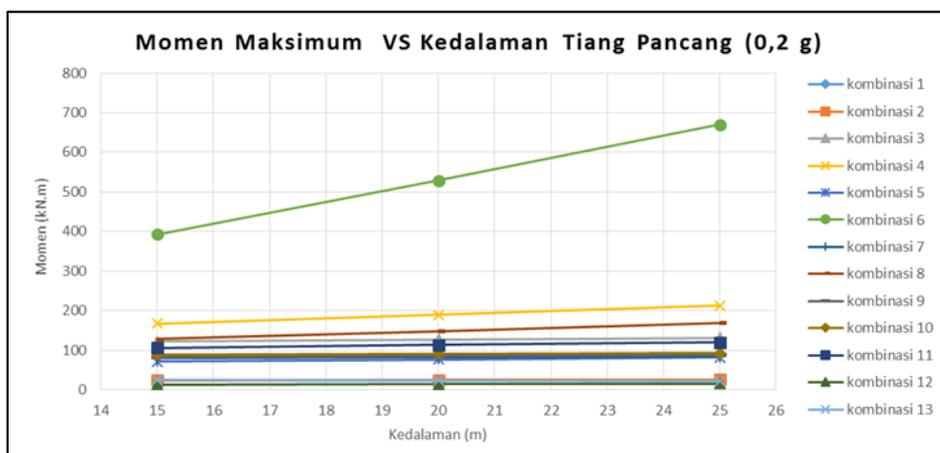
Grafik 4. Momen 2-2 terhadap Gaya Gempa



Grafik 5. Momen 3-3 terhadap Gaya Gempa



Grafik 6. Momen 2-2 terhadap Gaya Gempa



Grafik 7. Momen 3-3 kedalaman tiang pancang di Zona Gempa 0,2 g

Grafik 1, Grafik 2, Grafik 3, Grafik 4, Grafik 5 dan **Grafik 6** memperlihatkan bahwa kombinasi 1, kombinasi 2, kombinasi 3, kombinasi 4, kombinasi 5, kombinasi 6, kombinasi 7, kombinasi 8 dan kombinasi 12 memiliki nilai momen yang sama atau konstan disetiap berbagai zona gempa. Kombinasi ini tidak mempunyai keterkaitan dengan beban gempa. Selanjutnya untuk kombinasi 9, kombinasi 10, dan kombinasi 13 merupakan kombinasi pembebanan yang memiliki keterkaitan dengan beban gempa. Akan tetapi, pengaruh gempa tersebut tidak mempengaruhi hasil momen maksimum sehingga semua daerah gempa tulangnya tetap. Pengaruh beban gempa untuk model struktur dermaga ini memang cenderung naik akan tetapi tidak melebihi akibat beban tanpa gempa. Kemudian untuk **Grafik 7** merupakan grafik perbandingan antara Momen arah X terhadap kedalaman tiang pancang di Zona Gempa 0,2 g, Grafik tersebut menunjukkan bahwa kombinasi 1, kombinasi 2, kombinasi 3, kombinasi 4, kombinasi 5, kombinasi 6, kombinasi 7, kombinasi 8 dan kombinasi 12 cenderung memiliki nilai momen yang meningkat seiring bertambahnya kedalaman. Peningkatan momen akibat perubahan kedalaman tiang pancang pada kombinasi 6 **Grafik 7** memperlihatkan adanya peningkatan momen sebesar 65,34% dengan gaya gempa 0,2g.

Jumlah tulangan tumpuan dan lapangan yang ditinjau adalah nilai maksimum akibat kombinasi beban dari setiap model berdasarkan hasil analisis **Grafik 1, Grafik 2, Grafik 3, Grafik 4, Grafik 5, Grafik 6** dan **Grafik 7**. Rekapitulasi hasil penulangan tersebut diuraikan dalam **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

Evaluasi Struktur Atas Dermaga 1.000 DWT terhadap berbagai Zona Gempa berdasarkan Pedoman Tata Cara Perhitungan Perencanaan Pelabuhan Tahun 2015

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan Penulangan untuk Beberapa kondisi Dermaga 1.000 DWT

NO	NAMA	KOMBINASI BEBAN MAKSIMUM	KEDALAMAN TIANG PANCANG	KEGEMPAAN	KARAKTERISTIK TANAH		BALOK 400 mm x 600 mm					
					JENIS	NSPT	TUMPUAN KIRI		LAPANGAN		TUMPUAN KANAN	
							ATAS	BAWAH	ATAS	BAWAH	ATAS	BAWAH
1	Tipe A-558	COMB 6 LL3	15	0,2 g	Tanah Sedang	15	4 D 22	2 D 22	2 D 22	5 D 22	4 D 22	2 D 22
2	Tipe A-558	COMB 6 LL3	15	0,5 g	Tanah Sedang	15	4 D 22	2 D 22	2 D 22	5 D 22	4 D 22	2 D 22
3	Tipe A-558	COMB 6 LL3	15	0,8 g	Tanah Sedang	15	4 D 22	2 D 22	2 D 22	5 D 22	4 D 22	2 D 22
4	Tipe A-558	COMB 6 LL3	15	1,2 g	Tanah Sedang	15	4 D 22	2 D 22	2 D 22	5 D 22	4 D 22	2 D 22
5	Tipe A-558	COMB 6 LL3	20	0,2 g	Tanah Sedang	15	5 D 22	2 D 22	2 D 22	7 D 22	5 D 22	2 D 22
6	Tipe A-558	COMB 6 LL3	20	0,5 g	Tanah Sedang	15	5 D 22	2 D 22	2 D 22	7 D 22	5 D 22	2 D 22
7	Tipe A-558	COMB 6 LL3	20	0,8 g	Tanah Sedang	15	5 D 22	2 D 22	2 D 22	7 D 22	5 D 22	2 D 22
8	Tipe A-558	COMB 6 LL3	20	1,2 g	Tanah Sedang	15	5 D 22	2 D 22	2 D 22	7 D 22	5 D 22	2 D 22
9	Tipe A-558	COMB 6 LL3	25	0,2 g	Tanah Sedang	15	6 D 22	2 D 22	2 D 22	8 D 22	6 D 22	2 D 22
10	Tipe A-558	COMB 6 LL3	25	0,5 g	Tanah Sedang	15	6 D 22	2 D 22	2 D 22	8 D 22	6 D 22	2 D 22
11	Tipe A-558	COMB 6 LL3	25	0,8 g	Tanah Sedang	15	6 D 22	2 D 22	2 D 22	8 D 22	6 D 22	2 D 22
12	Tipe A-558	COMB 6 LL3	25	1,2 g	Tanah Sedang	15	6 D 22	2 D 22	2 D 22	8 D 22	6 D 22	2 D 22

Tabel 6. Rekapitulasi Perhitungan Penulangan untuk Beberapa kondisi Dermaga 1.000 DWT

NO	NAMA	KOMBINASI BEBAN MAKSIMUM	KEDALAMAN TIANG PANCANG	KEGEMPAAN	KARAKTERISTIK TANAH		BALOK 400 mm x 600 mm	
					JENIS	NSPT	SENGKANG	
							TUMPUAN	LAPANGAN
1	Tipe A-558	COMB 6 LL3	15	0,2 g	Tanah Sedang	15	3φD13 - 150 mm	2φD13 - 200 mm
2	Tipe A-558	COMB 6 LL3	15	0,5 g	Tanah Sedang	15	3φD13 - 150 mm	2φD13 - 200 mm
3	Tipe A-558	COMB 6 LL3	15	0,8 g	Tanah Sedang	15	3φD13 - 150 mm	2φD13 - 200 mm
4	Tipe A-558	COMB 6 LL3	15	1,2 g	Tanah Sedang	15	3φD13 - 150 mm	2φD13 - 200 mm
5	Tipe A-558	COMB 6 LL3	20	0,2 g	Tanah Sedang	15	3φD13 - 150 mm	2φD13 - 200 mm
6	Tipe A-558	COMB 6 LL3	20	0,5 g	Tanah Sedang	15	3φD13 - 150 mm	2φD13 - 200 mm
7	Tipe A-558	COMB 6 LL3	20	0,8 g	Tanah Sedang	15	3φD13 - 150 mm	2φD13 - 200 mm
8	Tipe A-558	COMB 6 LL3	20	1,2 g	Tanah Sedang	15	3φD13 - 150 mm	2φD13 - 200 mm
9	Tipe A-558	COMB 6 LL3	25	0,2 g	Tanah Sedang	15	3φD13 - 150 mm	2φD13 - 200 mm
10	Tipe A-558	COMB 6 LL3	25	0,5 g	Tanah Sedang	15	3φD13 - 150 mm	2φD13 - 200 mm
11	Tipe A-558	COMB 6 LL3	25	0,8 g	Tanah Sedang	15	3φD13 - 150 mm	2φD13 - 200 mm
12	Tipe A-558	COMB 6 LL3	25	1,2 g	Tanah Sedang	15	3φD13 - 150 mm	2φD13 - 200 mm

4.3 Pembahasan

Dari uraian diatas mengenai kombinasi beban maksimum terhadap berbagai zona gempa dan Kedalaman tiang pancang yaitu melihat dari **Grafik 1, Grafik 2, Grafik 3, Grafik 4, Grafik 5, Grafik 6,** dan **Grafik 7** serta **Tabel 5** diketahui bahwa penulangan balok untuk dermaga 1.000 DWT dipengaruhi kedalaman tiang pancang. Hal ini dikarenakan kedalaman tiang pancang yang berbeda sehingga deformasi yang dihasilkan semakin besar, berbanding lurus dengan kedalaman tiang pancang. Akibat deformasi yang semakin besar maka diperlukan kekakuan yang cukup untuk menahan momen. Deformasi paling besar yang bekerja pada struktur dermaga diakibatkan oleh beban *mooring*. Zona gempa yang berbeda tidak mempengaruhi besaran nilai dari deformasi akibat beban *mooring* maupun beban

lainnya, atau dapat dikatakan deformasi yang terjadi pada penelitian ini memiliki besaran nilai yang konstan diberbagai zona gempa. Dari berbagai kombinasi beban yang digunakan pada *software SAP 2000* versi 14.0 menurut SNI 03-1727-2013 didapatkan kombinasi terbesar pada kombinasi pembebanan *mooring* LL 3 yaitu 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,6 M + LL, sehingga dapat disimpulkan untuk beban gempa tidak terlalu mempengaruhi penulangan yang signifikan dengan beban hidup yang cukup besar. Kombinasi beban gempa mempengaruhi bangunan tetapi perancangan penulangan pada dermaga menggunakan momen terbesar, momen yang dihasilkan kombinasi gempa lebih kecil daripada momen yang dihasilkan kombinasi *mooring* sehingga untuk penulangan digunakan momen *mooring*. Oleh karena itu, kombinasi gempa untuk beban yang besar tidak berpengaruh secara signifikan atau memiliki pengaruh yang sangat kecil dalam kombinasi pembebanan.

Tabel 5 dan **Tabel 6** memperlihatkan bahwa berbagai kombinasi beban yang digunakan pada *software SAP 2000* versi 14 menurut SNI 03-1727-2013 didapatkan kombinasi terbesar pada kombinasi pembebanan 6 LL 1 yaitu 1,2 DL + 1,2 SDL + 1,6 M + LL serta hasil perhitungan penulangan yang didapatkan dari berbagai zona gempa tidak meningkat secara signifikan, sehingga dapat disimpulkan untuk beban gempa tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penulangan dengan beban hidup yang cukup besar.

Kedalaman tiang pancang yang berbeda-beda mengakibatkan peningkatan terhadap jumlah tulangan utama pada struktur dermaga. Pada kedalaman 15 m sampai kedalaman 20 m meningkat sebesar 30-35%, sedangkan pada kedalaman 20 m sampai kedalaman 25 m meningkat sebesar 25-27%.

5. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Gaya akibat beban gempa terhadap penulangan utama pada balok dermaga mempunyai pengaruh yang tidak signifikan dibandingkan dengan gaya akibat kombinasi beban tanpa gempa, sehingga penulangan utama pada balok dermaga semua sama untuk berbagai zona gempa.
2. Pada model struktur dermaga untuk berbagai kedalaman tiang pancang menunjukkan semakin dalam tiang pancang semakin meningkat pula jumlah tulangan yang diperlukan;
3. Kombinasi beban terbesar dalam struktur dermaga yang dominan adalah kombinasi nomor 6 pada SNI 03-1727-2013. Hal ini disebabkan beban dominan yang terjadi adalah beban *forklift* sebesar 3 ton beban terpusat dan beban hidup merata sebesar 3 t/m² serta beban *mooring*.

DAFTAR RUJUKAN

- Badan Standarisasi Nasional. (2013). *Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*, SNI 1727-2013. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Direktorat Jenderal Perhubungan Laut Kementerian Perhubungan. (2015). *Studi Standar Desain Fasilitas Pelabuhan Pengumpulan Lokal*. Bandung: PT. Marindo Utama Penata Kawasan.
- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. (2009). *Technical Standards and Commentaries For Port and Harbour Facilities In Japan 2009*. Tokyo: Daikousha Printing Co., Ltd.