ANALISIS STRUKTUR KONFIGURASI TIANG DERMAGA TERHADAP GAYA LATERAL

Ismeddiyanto* dan Sigit Sutikno*

*) Staff Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau

ABSTRACT

Planning and design of jetty for general cargo port always use piles for its lower structure. Arrangement of Pile configuration in jetty is very important thing in stability of structure as well as for construction cost. This research has analysed structurally three alternatives of pile configuration design, those are pile configuration Type-1, Type-2, and Type-3. The Type-1 and Type-2 are the conventional configuration pile that are the most commonly designed. The Type-3 is a configuration piles that is proposed to be the more stable structure than the conventional configurations. All of the alternatives configuration are analyzed structuraly using SAP 2000 V11.0.0 to find maximum lateral displacement, axial force, shear force, and moment in pile. Base on the result of structural analysisis can be concluded that jetty Type-3 is the most stable.

Key Words: *Pile Configuration, SAP*

PENDAHULUAN

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang dan menaik-turunkan penumpang. Dimensi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal yang merapat dan bertambat pada dermaga tersebut. Dalam mempertimbangkan ukuran dermaga harus didasarkan pada ukuran-ukuran minimal sehingga kapal dapat bertambat atau meninggalkan dermaga maupun melakukan bongkar muat barang dengan aman, cepat dan lancar.

Dermaga dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu *wharf* atau *quai* dan *jetty* atau *pier*. *Wharf* adalah dermaga yang pafalel dengan pantai dan biasanya berhimpit dengan garis pantai. *Wharf* juga dapat berfungsi sebagai penahan tanah yang ada dibelakangnya. *Jetty* atau *pier* adalah dermaga yang menjorok ke laut. Berbeda dengan *wharf* yang digunakan untuk merapat pada satu sisinya, pier bisa digunakan pada satu sisi atau dua sisinya. *Jetty* ini biasanya sejajar dengan pantai dan dihubungkan dengan daratan oleh jembatan yang biasanya membentuk sudut tegak lurus dengan *jetty*, sehingga *pier* dapat berbentuk *T* atau *L*.

Dermaga dibangun untuk melayani kebutuhan tertentu. Pemilihan tipe dermaga sangat dipengaruhi oleh kebutuhan yang akan dilayani (dermaga penumpang atau barang yang bisa berupa barang satuan, curah atau cair), ukuran kapal, arah gelombang dan angin, kondisi topografi dan tanah dasar laut, dan yang paling penting adalah tinjauan ekonomi untuk mendapatkan bangunan yang paling ekonomis.

Karakteristik pantai kawasan perairan di Provinsi Riau sebagian besar adalah berupa pantai dengan kondisi topografi yang sangat landai dan tanah dasar yang lunak. Kondisi ini menyebabkan persyaratan kedalaman yang cukup untuk sandar kapal dipenuhi pada jarak yang relatif cukup jauh dari garis pantai. Pada kondisi ini, pemilihan jenis dermaga berupa *jetty* akan lebih ekonomis karena tidak diperlukan pengerukan yang besar.

Perencanaan dermaga tipe jetty tidak bisa lepas dari penggunaan tiang pancang sebagai pondasi yang menyangga struktur bagian atas. Perencanaan konfigurasi tiang pada struktur jetty dermaga sangat berpengaruh terhadap penggunaan jumlah tiang dan biaya yang dibutuhkan untuk konstruksi. Penelitian ini menganalisa secara struktural untuk beberapa alternatif tipe konfigurasi tiang pancang, yaitu Tipe-1, Tipe-2, dan Tipe-3. Konfigurasi tiang pancang Tipe-1 dan Tipe-2 adalah konfigurasi tiang yang konvensional, artinya bahwa konfigurasi tersebut adalah konfigurasi yang biasa direncanakan selama ini. Sedangkan konfigurasi tiang Tipe-3 adalah konfigurasi tiang yang dihipotesa mempunyai tingkat stabilitas yang lebih baik.

Data-data pendukung yang digunakan dalam kajian ini adalah data karakteristik lokasi yang ada di lokasi rencana pembangunan Pelabuhan Kawasan Industri Buton. Jenis pelabuhan direncanakan adalah pelabuhan cargo dengan kapal maksimum yang bisa sandar adalah kapal dengan ukuran sampai dengan 25.000 DWT (**LPM-ITS, 2004**).

Gaya-gaya Yang Bekerja Pada Dermaga

Gaya-gaya yang bekerja pada dermaga dapat dibedakan menjadi gaya lateral dan gaya vertikal. Gaya lateral meliputi gaya benturan kapal pada dermaga, gaya tarikan kapal dan gaya gempa; sedang gaya vertikal adalah berat sendiri bangunan dan beban hidup.

a. Gaya benturan kapal

Pada waktu merapat ke dermaga kapal masih mempunyai kecepatan sehingga akan terjadi benturan antara kapal dan dermaga. Dalam perencanaan dianggap bahwa benturan maksimum terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam dermaga pada sudut 10° terhadap sisi depan dermaga.

Gaya benturan kapal yang harus ditahan dermaga tergantung pada energi benturan yang diserap oleh sistem fender yang dipasang pada dermaga. Besar energi benturan diberikan oleh ru-mus berikut ini (**OCDI, 1999**),

$$E_f = \frac{DT \times V^2}{2g} \times Ce \times Cm \times Cs \times Cc \qquad (1)$$

Dimana, E_f energi tumbukan kapal (ton.m), DT *diplacement tonnage* kapal (ton), V kecepatan sandar (m/dt), g percepatan gravitasi (9,8 m/dt2), Ce *eccentricity* factor (untuk dermaga Ce = 0.5), Cm virtual mass factor, Cs *softness factor* = 1,0, Cc *berth configuration factor* = 1,0 (struktur tiang terbuka).

Displacement Tonnage (DT) dari kapal kargo yang sandar dihitung dengan formula,

$$\text{Log DT} = 0{,}511 + 0{,}913 \times \log \text{DWT} \qquad (2)$$

Blok koefisien dihitung dengan formula,

$$Cb = \frac{Ws}{Lpp \times B \times d \times Wo} \qquad (3)$$

$$\text{Log Lpp} = 0{,}964 + 0{,}285 * \text{Log DWT} \qquad (4)$$

Virtual Mass Factor dihitung dengan formula,

$$Cm = 1 + \frac{\pi}{2} \times \frac{d}{Cb \times B} \qquad (5)$$

dengan Cb adalah Blok koefisien, d Maksimum draft kapal (m), B Lebar kapal (m), Lpp Panjang perpendicular kapal (m), Wo Berat jenis air laut = 1,03 t/m3.

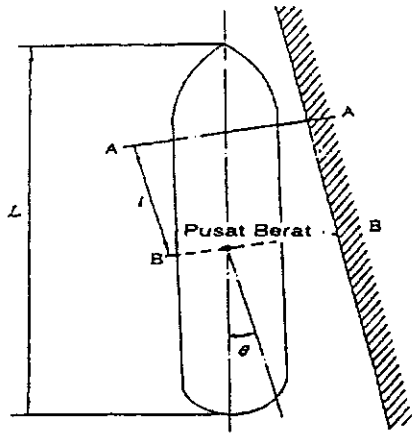
Kecepatan merapat kapal merupakan salah satu faktor penting dalam perencanaan dermaga dan sistem fender, yang dapat ditentukan dari nilai pengukuran atau pengalaman. Secara umum kecepatan merapat kapal diberikan dalam **Tabel 1** berikut ini,

Tabel 1 Kecepatan merapat kapal pada dermaga

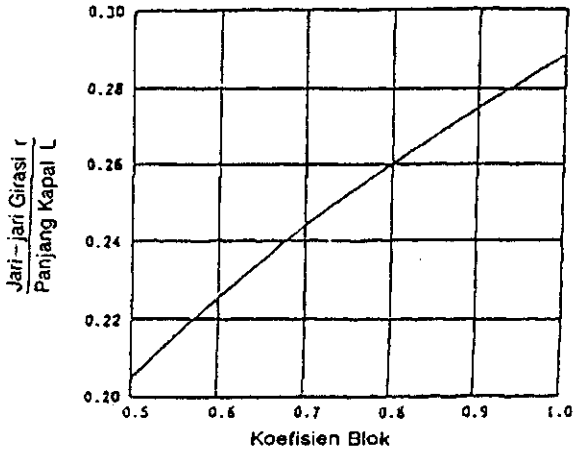
Ukuran kapal (DWT)	Kecepatan Merapat	
	Pelabuhan (m/d)	Laut terbuka (m/d)
Sampai 500	0,25	0,30
500 - 10.000	0,15	0,20
10.000 - 30.000	0,15	0,15
di atas 30.000	0,12	0,15

Sumber : (**OCDI, 1999**)

Kapal yang merapat ke dermaga membentuk sudut terhadap dermaga, sehingga pada waktu bagian kapal menyentuh dermaga, kapal akan berputar sehingga sejajar dengan dermaga. Sebagian energi benturan yang ditimbulkan oleh kapal akan hilang oleh perputaran tersebut. Sisa energi akan diserap oleh dermaga.



Gambar 1. Berlabuhnya Kapal (**OCDI, 1999**)



Gambar 2. Hubungan antara radius gerakan berputar di sekitar sumbu vertikal dan koefien blok (**Myers, 1969**, dalam OCDI, 1999)

Titik kontak pertama antara kapal dan dermaga adalah suatu titik dari 1/4 panjang kapal pada dermaga dan 1/3 panjang kapal pada dolphin dan nilai *l* adalah = 1/4 Loa.

b. Gaya akibat angin

Angin yang berhembus ke badan kapal yang ditambatkan akan menyebabkan gerakan kapal yang bisa menimbulkan gaya pada dermaga. Apabila arah angin menuju ke dermaga, maka gaya tersebut berupa gaya benturan ke dermaga; sedang jika arahnya meninggalkan dermaga akan menyebabkan gaya tarikan kapal pada alat penambat. Besar gaya angin tergantung pada arah hembus angin, dan dapat dihitung dengan rumus berikut ini (**OCDI, 1999**).

$$Rw = \tfrac{1}{2}.\rho.V^2.(As.\cos^2\theta + Af.\sin^2\theta) \qquad (6)$$

dengan, Rw adalah Gaya akibat angin (ton) (*Reaction of wind pressure*), ρ Berat jenis udara = 0.123 kgf s² / m⁴, C Koefisien tekanan angin = 1,2, Af Luasan tampak depan kapal (m²), As Luasan tampak samping kapal (m²), V Kecepatan angin, θ =0°.

c. Gaya akibat arus

Seperti halnya angin, arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam air juga akan menyebabkan terjadinya gaya pada kapal yang kemudian diteruskan pada dermaga dan alat penambat. Besar gaya yang ditimbulkan oleh arus diberikan oleh persamaan berikut ini (**OCDI, 1999**).

1. Gaya tekanan karena arus yang bekerja dalam arah haluan :

$$R_f = 0{,}14\, S\, V^2 \qquad (7)$$

2. Gaya tekanan karena arus yang bekerja dalam arah sisi kapal :

$$R_f = \frac{1}{2}\rho C V^2 B \qquad (8)$$

dengan, R_f *gaya* akibat arus (kgf), S luas tampang kapal yang terendam air (m²), ρ rapat massa air laut (104,5 kgf d/m⁴), C koefisien tekanan arus, V kecepatan arus (m/d) dan B luas sisi kapal di bawah muka air (m).

d. Gaya tarikan kapal pada dermaga

Gaya akibat arus dan gaya angin tersebut di atas dapat menyebabkan gaya benturan pada dermaga atau gaya tarik pada alat penambat yang ditempatkan pada dermaga. Gaya tarikan tersebut dapat dihitung dengan cara berikut ini (**OCDI, 1991**).

1. Gaya tarikan kapal pada *bollard* diberikan dalam Tabel 2. untuk berbagai ukuran kapal dalan *GRT.* Selain gaya tersebut yang bekerja secara horisontal, bekerja juga gaya vertikal sebesar 1/2 dari nilai yang tercantum dalam label.
2. Gaya tarikan kapal pada *bitt* diberikan dalam **Tabel 2.** untuk berbagai ukuran kapal dalam GRT, yang bekerja dalam semua arah.
3. Gaya larikan kapal dengan ukuran yang tidak tercantum dalam label lersebul (kapal dengan bobol kurang dari 200 ton dan lebih dari 100.000 ton) dan fasililas tambatan pada cuaca buruk harus ditenlukan dengan memperhatikan cuaca dan kondisi laut, konstruksi alat penambal dan data pengukuran gaya larikan.

Tabel 2. Gaya tarikan kapal

Bobot Kapal (GRT)	Gaya tarik pada *Bollard* (ton)	Gaya tarik pada *Bitt* (ton)
200-500	15	15
501 - 1.000	25	25
1.001 - 2.000	35	25
2.001 - 3.000	35	35
3.001 - 5.000	50	35
5.001 - 10.000	70	50 (25)
10.001 - 15.000	100	70 (25)
15.001 - 20.000	100	70 (35)
20.001 - 50.000	150	100 (35)
50.001 - 100.000	200	100 (50)

Sumber : **Triatmodjo, 1996**
Nilai dalam kurung adalah untuk gaya pada tambatan yang dipasang di sekitar tengah kapal yang mempunyai tidak lebih dari 2 tali pengikat.

e. Beban Gempa

Analisis beban gempa dilakukan di wilayah gempa 2 berdasarkan Peraturan Perencanan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1983 dan mengacu ke **SNI-03-1726-2003**, seperti terlihat pada Gambar 3. Besarnya koefisien gempa, faktor keutamaan dan faktor jenis struktur dapat dilihat pada **Tabel 3.**

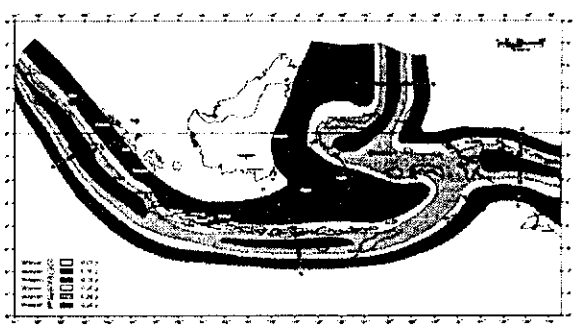
Tabel 3. Koefisien gempa C, faktor keutamaan I dan faktor jenis struktur K

Struktur	C	I	K	Cd
Dermaga	0,05	1,5	1,0	0,075
Bangunan	0,05	1,5	1,0	0,075

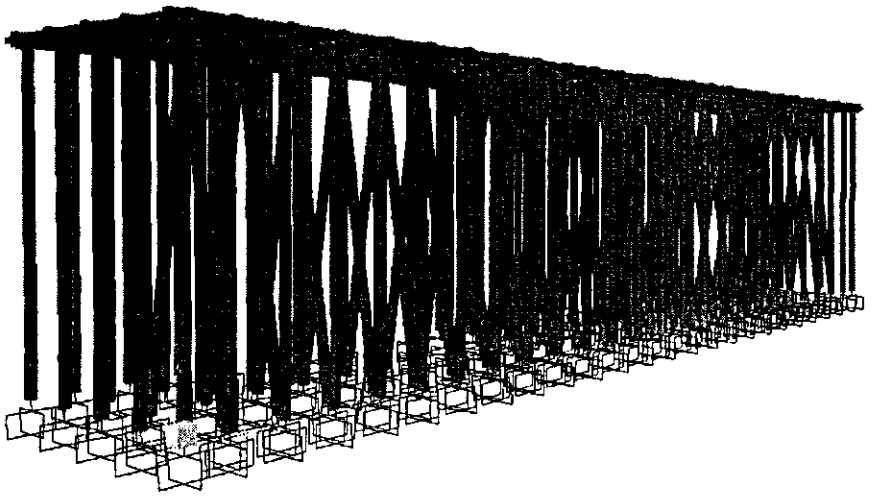
Gaya geser horizontal total akibat gempa dihitung dengan persamaan:

$$Vx = Vy = C.I.K.Wt \qquad (9)$$

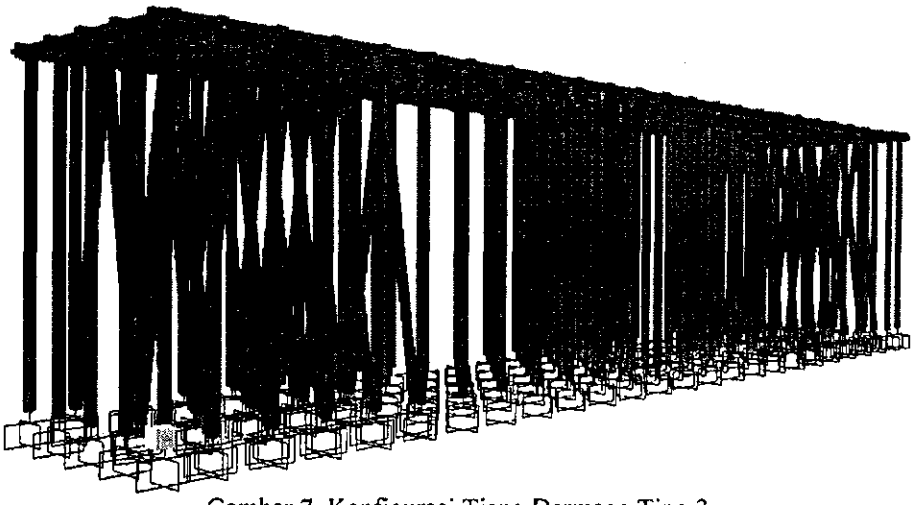
dengan C adalah Koefisien Gempa Dasar, I Faktor Keutamaan, K Faktor Jenis Struktur dan W_t Berat total struktur.



Gambar 3. Wilayah Gempa Indonesia (**SNI-03-1726-2003**)



Gambar 6. Konfigurasi Tiang Dermaga Tipe-2



Gambar 7. Konfigurasi Tiang Dermaga Tipe-3

Analisis Struktur menggunakan SAP 2000 ver. 11.0.0.

Analisis struktur dengan menggunakan bantuan SAP 2000 ver. 11.0.0 dilakukan setelah perhitungan beban-beban yang bekerja. *Input* data yang diperlukan dalam menjalankan program SAP 2000 ver.11.0.0. yaitu :

a. Definisi bentuk struktur yang digunakan (*define frame*), berupa portal tiga dimensi.
b. Defenisi material (*define material*) berisi tentang informasi material yang digunakan yaitu beton dengan kuat tekan 30 Mpa dan tulangan baja utama 400 Mpa dan tulangan sengkang 240 Mpa.
c. Definisi (*define frame section*) struktur balok 600 mm x 100 mm, plat tebal = 350 mm dan pipa baja diameter 800 mm tebal 9 mm.
d. Definisi jenis pembebanan (*define load case*) yang digunakan yaitu beban mati, hidup, beban gempa dan lain-lain.
e. Definisi kombinasi (*define combinations*) pembebanan yang digunakan.
f. Menetapkan besarnya pembebanan sesuai dengan defenisi *load case* yaitu beban mati, hidup, gempa, dan lain-lain.
g. Perhitungan gaya-gaya dalam dan dapat ditampilkan melalui menu *show output tables*.

Mutu Bahan

Beberapa kriteria kekuatan bahan yang akan digunakan untuk perencanaan struktur adalah sebagai berikut :

1. Berat Jenis Material, Beton Bertulang : 2,40 t/m^3, Baja : 7,85 t/m^3, Tanah : Disesuaikan dengan hasil Pekerjaan Penyelidikan Tanah
2. Mutu Bahan : Beton : K 300, Baja Tulangan : U24 dan U40, Tiang Pancang Baja : JIS A5525 SKK400 atau setara dengan nominal tensile strength 4,000 kg/cm2. Atau ASTM A328 atau setara dengan *yield strength of* 2,400 kg/cm^2.
3. Modulus Elastisitas : Baja, Es : 2,1 × 10^6 kg/cm^2, Beton, Ec : 2,0 × 10^5 kg/cm^2, Beton Prestress, Ep : 3,0 x 10^5 kg/cm^2

Beban Vertikal

1. Beban Mati : Beton Bertulang : 2,40 t/m^3, Beton Biasa : 2,30 t/m^3, Pasir (jenuh) :

1,80 t/m^3, Pasir kerikil / batu pecah (Berat efektif di dalam air) : 1,0 t/m^3, Baja : 7,85 t/m^3

2. Beban Hidup: Beban merata : 3,00 t/m^2, Beban merata (kondisi gempa) : 1,50 t/m^2, Beban merata (bergerak) : 0,50 t/m^2, Beban merata (bergerak, kondisi gempa) : 0,25 t/m^2, Beban roda : T-20

Beban Horizontal

a. Energi benturan kapal

Energi tumbukan kapal sewaktu merapat dihitung dengan Persamaan 1. sampai dengan Persamaan 5. Besarnya energi benturan kapal terhadap dermaga dapat dilihat pada **Tabel 4** berikut ini.

Table 4. Energi benturan kapal terhadap dermaga

DWT (ton)	GT (ton)	Ws (ton)	Cb	Cm	Ce	V (m/s)	Ef (t.m)
25.000	13.525	34.500	0,705	1,903	0,462	0,15	34,82

b. Gaya yang diakibatkan oleh angin

Berdasarkan data angin dari Bandar Udara Simpang Tiga, rencana lokasi alternatif pelabuhan dipengaruhi angin dari arah yang dominan yaitu angin Selatan dan Barat Laut. Pada bulan Oktober – Desember dan April, angin dominan dari Barat Laut, Januari – Maret angin dominan dari Timur Laut. Angin dominan dari Selatan jatuh pada bulan Mei – September. Kecepatan angin rata-rata berkisar 5.9 – 6.4 knots, sedangkan kecepatan angin maksimum rata-rata sebesar 27.2 knots pada bulan November. Dengan menggunakan Persamaan 6, gaya yang disebabkan oleh angin didapatkan sebesar 31.992 kgf.

c. Gaya Tarik Bollard

Gaya tarik bollard diambil dari Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan, 2002 seperti terlihat pada Tabel 2. Pada pelabuhan ini digunakan bollard dan bitt kapasitas 100 dan 70 ton.

d. Beban Gempa

Analisis beban gempa dilakukan di wilayah gempa 2 berdasarkan Peraturan Perencanan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1983 dan mengacu ke SNI-03-1726-2003, seperti terlihat pada **Gambar 3.**

Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan menurut SNI 03-2847-2002 untuk analisa struktur atas adalah sebagai berikut :

a. Kondisi Operasi
- 1,4 DL
- 1,2 DL + 1,6 LL
- 1,2 DL + 1,6 Truck
- 1,2 DL + 1,6 Crane

b. Kondisi Kapal Sandar
- 1,2 DL + 1,6 LL + 1,6 BL (Berthing Load)
- 1,2 DL + 1,6 LL ± 1,05 W (Kondisi mooring)

c. Kondisi Gempa

Arah X (Memanjang)
- 1,2 DL + 0,9 LL + 1,0 Gempa X $_{kanan}$ + 0,3 Gempa Y $_{kanan}$
- 1,2 DL + 0,9 LL - 1,0 Gempa X $_{kiri}$ - 0,3 Gempa Y $_{kiri}$

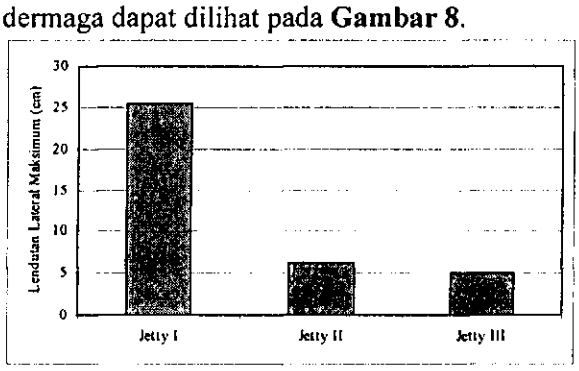
Arah Y (Melintang)
- 1,2 DL + 0,9 LL + 1,0 Gempa Y $_{kanan}$ + 0,3 Gempa X $_{kanan}$
- 1,2 DL + 0,9 LL - 1,0 Gempa Y $_{kiri}$ - 0,3 Gempa X $_{kiri}$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan dengan berbagai kondisi pembebanan diperoleh besarnya momen, gaya lintang, gaya axial dan *displacement*. Hasil analisis struktur tersebut kemudian akan ditentukan besarnya gaya-gaya dalam dan displacement maksimum. Untuk mengetahui apakah struktur memenuhi semua persyaratan desain menurut peraturan AISC-LRFD99 akan ditinjau pula rasio antara gaya yang bekerja dengan kapasitas dukung tiang pancang.

Displacement Lateral Maksimum pada Dermaga.

Berdasarkan hasil analisis struktur dari ketiga tipe struktur dermaga akan dapat ditentukan besarnya displacement maksimum pada arah lateral. *Displacement* lateral maksimum yang terjadi pada setiap tipe dermaga dapat dilihat pada **Gambar 8.**



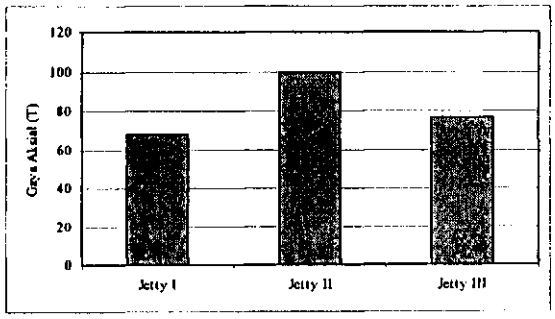
Gambar 8. *Displacement* Lateral Maksimum pada setiap Tipe Dermaga.

Displacement lateral maksimum pada dermaga Tipe-1 memiliki nilai terbesar kemudian diikuti dermaga Tipe-2 dan Tipe-3. Besar *displacement* lateral maksimum yang terjadi pada dermaga Tipe-1 adalah 25.49 cm,

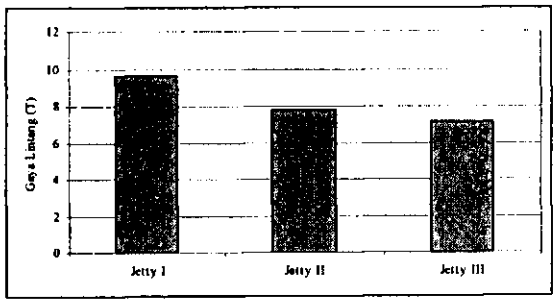
dermaga Tipe-2 adalah 6.30 cm dan dermaga Tipe-3 adalah 5.07 cm. Berdasarkan analisis struktur dengan SAP, *displacement* maksimum ini diperoleh akibat kombinasi pembebanan 7 yang terdiri atas beban mati, hidup dan benturan kapal (*Berthing Load*), dengan faktor beban berturut-turut 1.2, 1.6 dan 1.6. Displacement lateral maksimum terjadi pada tiang pancang yang terletak pada sisi terluar dermaga.

Gaya-gaya Dalam.

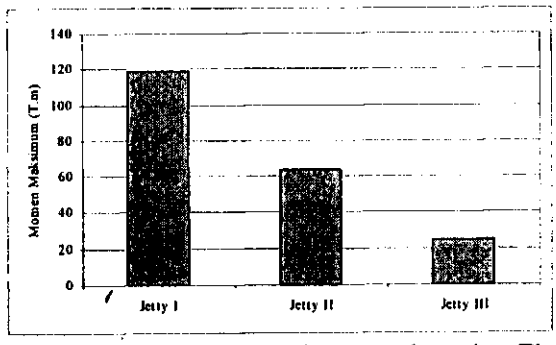
Hasil perhitungan dengan berbagai kondisi pembebanan akan diperoleh besarnya gaya axial, gaya lintang dan momen yang terjadi pada tiap tipe dermaga (**Gambar 9, 10 dan 11**). Hal yang sama dengan *displacement* lateral nilai maksimum ini berdasarkan analisis struktur dengan SAP diakibatkan oleh kombinasi pembebanan 7, dengan faktor beban berturut-turut 1.2, 1.6 dan 1.6.



Gambar 9. Gaya Aksial Maksimum pada setiap Tipe Dermaga.



Gambar 10. Gaya Lintang Maksimum pada setiap Tipe Dermaga.



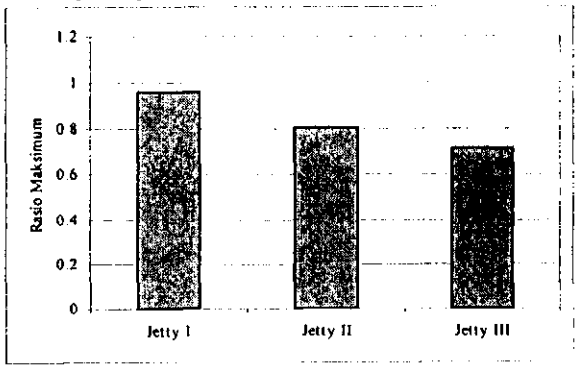
Gambar 11. Momen Maksimum pada setiap Tipe Dermaga.

Hasil dari analisis struktur nilai maksimum gaya-gaya dalam terjadi pada tiang pancang yang terletak pada sisi terluar dermaga. Nilai gaya aksial terbesar terjadi pada dermaga Tipe-2 yaitu 99.81 ton diikuti dermaga Tipe-3 sebesar 76.57 ton dan terakhir dermaga Tipe-1 sebesar 68.32 ton. Sedangkan gaya lintang terbesar terjadi pada dermaga Tipe-1 sebesar 9.66 ton, diikuti dermaga Tipe-2 sebesar 7.83 ton dan terakhir dermaga Tipe-3 sebesar 7.16 ton. Besar momen yang terjadi memiliki kecenderungan yang sama dengan dengan gaya lintang dimana momen terbesar terjadi pada dermaga Tipe-1 sebesar 118.97 tm, diikuti dermaga Tipe-2 sebesar 63.28 tm dan terakhir dermaga Tipe-3 sebesar 24.81 tm.

Desain Tiang Pancang Pipa Baja

Desain tiang pancang pipa baja mengacu pada peraturan AISC-LRFD99 yang sudah *built-in* dalam SAP 2000 ver.11.0.0. Desain dan kontrol kapasitas tiang pancang juga dilakukan dengan sofware SAP 2000 ver.11.0.0. Hasil desain tiang pancang pipa baja dikatakan aman jika rasio antara gaya yang bekerja dengan kapasitas dukung tiang pancang harus $\leq$ 1.0 dan memenuhi semua persyaratan desain dalam peraturan AISC-LRFD99.

Rasio maksimum antara beban yang bekerja terhadap kapasitas dukung tiang pada setiap tipe dermaga yang diperoleh dapat dilihat pada **Gambar 12.** Besar rasio maksimum yang terjadi pada dermaga Tipe-1 adalah 0.96, dermaga Tipe-2 adalah 0.811 dan dermaga Tipe-3 adalah 0.72.



Gambar 12. Rasio Maksimum antara Beban yang Bekerja terhadap Kapasitas Dukung Tiang pada setiap Tipe Dermaga.

Kajian Struktur

Hasil analisis yang dilakukan dengan SAP untuk analisis *displacement* lateral, gaya aksial, gaya geser dan momen, nilai maksimum diakibatkan oleh kombinasi pembebanan 7. Kombinasi pembebanan ini merupakan kombinasi yang diakibatkan oleh beban mati, beban hidup dan beban yang diakibatkan benturan kapal (*berthing load*) yang bekerja pada sisi terluar dermaga, dengan faktor beban berturut-turut 1.2, 1.6 dan 1.6. Beban mati dan hidup bekerja pada arah vertikal dan *berthing load* merupakan gaya yang bekerja pada arah horizontal.

Pada struktur dermaga yang dianalisis, pembebanan yang melibatkan *berthing load*

bekerja pada fender dermaga dari sisi terluar dermaga menuju ke sisi terluar dermaga lainnya, yang dilakukan dengan cara kombinasi pembebanan 7 sampai 57. Hal ini akan menyebabkan gaya lateral maksimum akan terjadi pada sisi terluar dermaga. Seluruh gaya ini akan didukung oleh tiang pancang yang terletak pada sisi terluar dermaga.

Berdasarkan analisis struktur, kapasitas dukung tiang pada arah lateral dapat bertambah dengan memasang tiang dengan arah miring. Kemiringan tiang pada struktur yang dianalisis adalah 10^0 terhadap sisi vertikal. Pada posisi ini gaya lateral didistribusikan pada arah horizontal dan vertikal, sehingga tiang akan menerima gaya aksial dan lateral. Dengan demikian tiang dermaga Tipe-1 mengalami gaya aksial yang paling besar, sedangkan konfigurasi dermaga Tipe-2 dan Tipe-3 mengalami gaya lintang dan momen yang lebih kecil jika dibanding dengan dermaga Tipe-1.

Konfigurasi tiang pada dermaga Tipe-3 akan memberikan dukungan lateral yang lebih besar jika dibandingkan dermaga Tipe-2 kemudian baru diikuti dermaga Tipe-1. Hal ini ditunjukkan *displacement* lateral, gaya lintang dan momen yang terjadi pada dermaga Tipe-3 paling kecil.

Berdasarkan hasil desain tiang pancang pipa baja bahwa pada ketiga tipe dermaga dapat dikatakan aman karena rasio antara gaya yang bekerja dengan kapasitas dukung tiang pancang memiliki nilai lebih kecil 1.0. Rasio terkecil terjadi pada dermaga Tipe-3 diikuti dermaga Tipe-2 dan dermaga Tipe-1. Dermaga Tipe-3 memiliki tingkat angka keamanan paling tinggi karena mengalami tegangan dan *displacement* lateral yang paling kecil.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa dermaga Tipe-3, merupakan struktur dengan seluruh tiang pancang tegak miring diletakan pada sisi-sisi terluar dermaga, memiliki stabilitas yang paling baik.

DAFTAR PUSTAKA

AISC. 2000. *Load and Resistance Factor Design Specification For Structural Steel Buildings.* American Institute of Steel Construction, Inc. Chicago, IL.

AISC. 2005. *Specification For Structural Steel Buildings.* ANSI/AISC 360– 2005 American Institute of Steel Construction, Inc. Chicago, IL.

Departemen Pekerjaan Umum. 2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung SNI 03 -1729 -2000. Bandung.

Departemen Pekerjaan Umum. 2002. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung SNI 03-2847-2002.* Jurusan Teknik Sipil FTSP.ITB,Bandung.

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung SNI 03-1726-2002.* Bandung.

Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. *Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983.* Bandung: Penerbit Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan.

OCDI, 1999, *The Technical Standard and Commentaries of Port and Harbour Facilities in Japan*, The Japan Port and Harbour Association, Japan

Triatmodjo, 1996, *Pelabuhan*, Cetakan Pertama, Beta Offset, Yogyakarta.

LPM-ITS, 2004, *Detail Engineering Design Dermaga Serbaguna I (Multipurpose I) Pelabuhan Tanjung Buton Kabupaten Siak*, Laporan Final Survey, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Siak.

Wilson. L., 2000, *Integrated Finite Element Analysisi and Design of Structures : Stell Design Mannual, Computers and Structures,* Inch. Barkley, California, USA,

Wilson. L., 2000, *Integrated Finite Element Analysisi and Design of Structures : Concrete Design Mannual, Computers and Structures*, Inch. Barkley, California, USA