

**PERHITUNGAN DAYA DUKUNG TIANG PANCANG DAN
DIMENSI *FENDER* DERMAGA PT. TIMUR JAYA PALARAN
SAMARINDA - KALIMANTAN TIMUR**

***CALCULATION OF BEARING CAPACITY OF PILE AND
FENDER DIMENSIONS ON DOCK OF PT. TIMUR JAYA PALARAN
SAMARINDA - EAST KALIMANTAN***

Abdi Kurniawan¹⁾, Budi Nugroho^{2)*}, Kukuh Prihatin³⁾

*abdikurniawan@gmail.com*¹⁾, *budinugroho@polnes.ac.id*²⁾, *kukuh_prihatin@polnes.ac.id*³⁾

^{1,2,3}Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Samarinda

^{1,2,3}Jl. Cipto Mangunkusumo Kampus Gunung Panjang, Kota Samarinda 75131,
Kalimantan Timur

Korespondensi Naskah : Budi Nugroho

INTISARI

Dermaga PT. Timur Jaya terletak di Kecamatan Palaran, Kota Samarinda, Provinsi Kalimantan Timur. Pembangunan dermaga ini untuk melayani kapal dengan bobot 10.000 DWT dan untuk memaksimalkan distribusi barang komoditas di daerah Palaran dan sekitarnya. Untuk menunjang dermaga tersebut, diperlukan perencanaan alur pelayaran, kolam pelabuhan, *breakwater*, serta dimensi dan struktur dermaga beserta kelengkapannya. Dalam perencanaan struktur dermaga ini, sistem struktur dianalisis dengan menggunakan program SAP 2000 dengan model 3D. Dari hasil perencanaan desain didapatkan, dermaga terdiri dari bangunan *jetty* dan 1 buah *trestle*. Dimensi dari *jetty* yaitu panjang 105 m dan lebar 18,7 m, sedangkan dimensi dari *trestle* yaitu panjang 20,8 m dan lebar 9,3 m. Dimensi balok dermaga yaitu lebar 40 cm dan tinggi 60 cm, sedangkan dimensi tiang pancang diameter 0,4 m dan panjang 40m. Dalam perhitungan dermaga ini dihitung juga dimensi *fender* dan *bolder*. Pada *fender* menggunakan karet silindris FR 3 dengan beban 8 ton/m serta berat *fender* 45 kg/m. Jarak antar *fender* adalah 13 m. *Bolder* adalah gaya sandar dan gaya tambat yaitu sebesar 18,823 ton.

Kata kunci: dimensi *fender*, pondasi pelabuhan, SAP

ABSTRACT

Jetty of PT. Timur Jaya is located in Palaran, Samarinda, East Kalimantan. This dock construction to serve ships with the capacity is 10,000 DWT and to maximize the distribution of goods and commodities in the surrounding area Palaran. To support the dock, it is need to plan navigation channel planning, port basin, breakwater, as well as the dimensions and structure of the jetty with its accessories. The structure planning of the dock analyzed using the SAP program in 2000 with 3D models. From the results obtained design planning, dock consists of a jetty and 1 trestle. The dimensions of the jetty is 105 m long and 18.7 m wide, while the dimensions of the trestle is 20.8 m long and 9.3 m wide. Dimensions pier beam width is 40 cm high and 60 cm, while the dimension piles diameter of 0.4 m and a length of 40m. In the calculation of this dock is also calculated dimensions and bolder fenders. In the cylindrical rubber fender using FR 3

with a load of 8 tons/m as well as fender weight of 45 kg/m. The distance between the fender is 13 m. Bolder is a stylish dock and mooring force that is equal to 18.823 tons.

Keyword: fender dimensions, jetty, SAP

PENDAHULUAN

Kegiatan lalu lintas transportasi air menjadi penggerak dalam pertumbuhan perekonomian di Samarinda. Peningkatan pada lalu lintas air tersebut menjadikan Pelabuhan Yos Sudarso mengalami perkembangan sangat pesat sebagai pelabuhan utama di Samarinda. Oleh karena itu pelabuhan tersebut mengalami kelebihan muatan untuk melayani arus keluar masuk barang melalui jalur sungai di masa akan datang.

Pembangunan Jembatan Mahkota II menyebabkan akses menuju Samarinda melalui jalur sungai terkendala akibat tinggi kapal terhadap HHWL (*Highest High Water Level*) yang tidak sesuai dengan ruang bebas jembatan. Selain Pelabuhan Yos Sudarso telah terbangun sebuah Pelabuhan Ulin Palaran namun pelabuhan tersebut masih kurang untuk melayani kegiatan lalu lintas transportasi air. Selain pelabuhan tersebut adalah pelabuhan ulin ukurannya pun masih dianggap kurang untuk melayani kapal kapal yang akan bersandar pada pelabuhan tersebut. Berdasarkan permasalahan tersebut maka akan direncanakan dan dibangun lagi pelabuhan baru yang akan menyambung dengan pelabuhan ulin sebelumnya tepatnya di Kecamatan Palaran yaitu Pelabuhan PT. Timur Jaya Palaran.

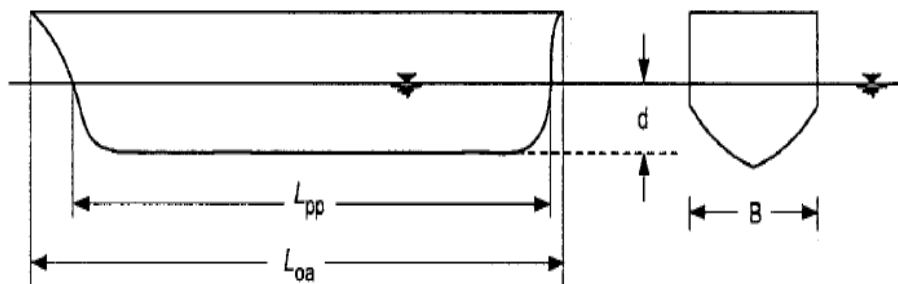
LANDASAN TEORI

Pengertian Umum

Dermaga adalah suatu bangunan pelabuhan yang digunakan untuk merapat dan menambatkan kapal yang melakukan bongkar muat barang atau menaik-turunkan penumpang (*Triatmodjo,2009*). Dermaga dibedakan menjadi tiga tipe yaitu *wharf*, *pier*, dan *jetty*. Pada umumnya struktur *jetty* berupa struktur terbuka, sedang struktur *wharf* dan *pier* bisa struktur tertutup maupun terbuka. Struktur terbuka berupa dermaga yang didukung oleh tiang pancang, dan struktur tertutup bisa berupa dinding gravitasi atau dinding turap. *Jetty* adalah bangunan dermaga yang menjorok ke tengah perairan agar ujung dermaga berada pada kedalaman yang cukup untuk merapatkan kapal.

Pengertian Kapal

Kapal adalah kendaraan pengangkut penumpang atau barang di laut atau pun sungai. Panjang, lebar dan sarat (*draft*) kapal yang akan menggunakan pelabuhan berhubungan langsung pada perencanaan pelabuhan dan fasilitas-fasilitas yang harus tersedia di pelabuhan (*Triatmodjo,2009*). Dimensi kapal ditunjukkan pada Gambar 1.



Sumber : *Triatmodjo, 2009*

Gambar 1. Dimensi kapal

Beberapa istilah yang banyak digunakan dalam praktek di lapangan antara lain :

- a. *Displacement Tonnage, DPL* (Ukuran Isi Tolak) adalah volume air yang dipindahkan oleh kapal, dan sama dengan berat kapal.
- b. *Deadweight Tonnage, DWT* (Bobot Mati) yaitu berat total muatan di mana kapal dapat mengangkut dalam keadaan pelayaran optimal (*draft* maksimum).
- c. *Gross Register Tons, GRT* (Ukuran Isi Kotor) adalah volume keseluruhan ruangan kapal ($1 \text{ GRT} = 2,83 \text{ m}^3 = 100 \text{ ft}^3$).
- d. *Netto Register Tons, NRT* (Ukuran Isi Bersih) adalah ruangan yang disediakan untuk muatan dan penumpang.
- e. Sarat (*draft*) adalah bagian kapal yang terendam air pada keadaan muatan maksimum, atau jarak antara garis air pada beban yang direncanakan (*designed load water line*) dengan titik terendah kapal.
- f. Panjang total (*length overall, L_{oa}*) adalah panjang kapal dihitung dari ujung depan (haluan) sampai ujung belakang (buritan).
- g. Panjang garis air (*length between perpendiculars, L_{pp}*) adalah panjang antara kedua ujung *design load water line*.
- h. Lebar kapal (*beam*) adalah jarak maksimum antara dua sisi kapal.

Pembebanan

Beban yang diterima oleh dermaga berdasarkan arahnya dapat dibedakan menjadi dua, yakni beban vertikal dan beban horisontal.

Pembebanan Vertikal

Beban vertikal terdiri dari beban mati dan beban hidup yang diterima oleh dermaga.

- a. Beban mati

Beban mati pada pembebanan vertikal adalah Berat dari semua bagian bangunan yang bersifat tetap dan konstan selama waktu hidup konstruksi yakni terdiri dari pelat, balok, serta *pile cap*.

- b. Beban hidup

Beban hidup pada pembebanan vertikal adalah Beban yang diakibatkan oleh beban orang ($0,25 \text{ t/m}^2$), beban air hujan ($0,1 \text{ t/m}^2$), beban kendaraan (truk) dan beban *crane*.. Gambar 2 dan 3 berturut-turut menunjukkan

Rail Mounted Quay Crane dan pembebanan pada *truck*.

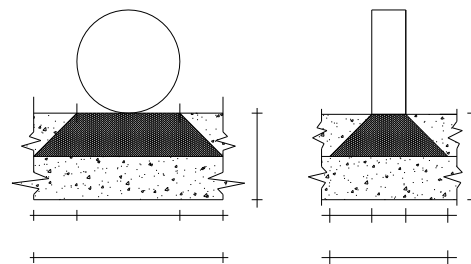


Gambar 2. Tampak samping *Rail Mounted Quay Crane*



Gambar 3. Pembebanan pada *truck*

Untuk perhitungan beban *crane (Rail Mounted Quay Crane)* dan beban *head truck* yaitu dengan cara pendistribusian pada sumbu-sumbunya. Pendistribusian beban yang melalui sumbu diteruskan menuju pelat dermaga dengan bantuan roda pada *crane*. Perhitungan beban yang disalurkan menuju pelat ditunjukkan oleh Gambar 4.



Gambar 4. Distribusi beban menuju pelat

Pembebanan Horisontal

Beban horisontal terdiri dari gaya-gaya yang diterima oleh dermaga.

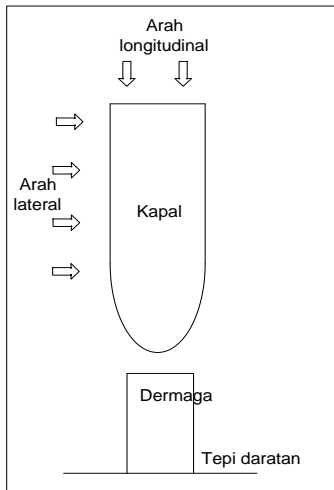
- a. Gaya Sandar

Pada waktu merapat ke dermaga kapal masih mempunyai kecepatan sehingga terjadi benturan antara dermaga dengan kapal.

- b. Gaya Tambat

Kapal yang akan merapat di dermaga akan ditambatkan dengan menggunakan tali ke alat penambat. Penambatan tali ini dimaksudkan untuk menahan gerakan kapal

yang disebabkan oleh angin dan arus pada badan kapal. Angin yang berhembus ke badan kapal yang menambat akan menyebabkan gerakan kapal yang menimbulkan gaya pada *bolder*. Besar gaya angin tergantung pada arah dan kecepatan hembus angin. Arus yang bekerja pada bagian kapal yang terendam air juga menimbulkan gaya pada *bolder*. Penentuan arah angin dan arus ditunjukkan oleh Gambar 5.



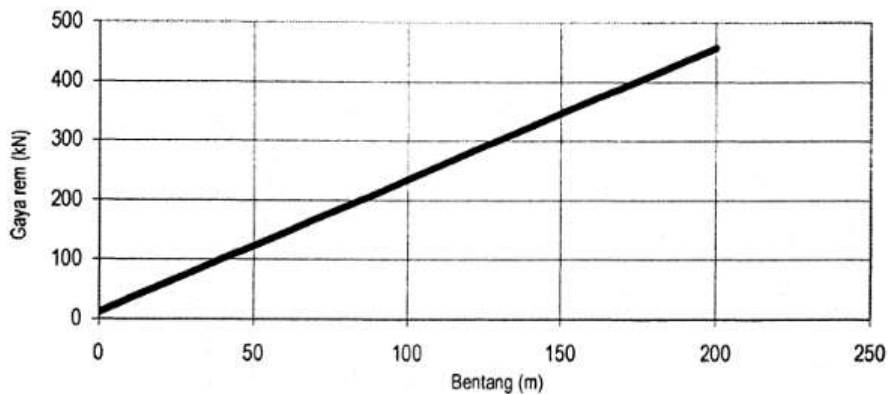
Gambar 5. Penentuan arah angin dan arus

Pengaruh pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap 1,80 m di atas permukaan lantai dermaga yang mengikuti permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem arah memanjang dermaga/jembatan tergantung panjang total dermaga/jembatan (L_t) yang ditunjukkan oleh Gambar 6.

- Gaya rem, HTB = 250 kN untuk $L_t < 80$ m
- Gaya rem, HTB = $250 + 2.5 \cdot (L_t - 80)$ kN untuk $80 < L_t < 180$ m
- Gaya rem, HTB = 500 kN untuk $L_t > 180$ m

Program SAP 2000 v 14

SAP 2000 versi 14 merupakan program yang dapat digunakan untuk beberapa hal, di antaranya untuk membuat struktur baru, memodifikasi dan merancang (mendesain) elemen struktur. Keistimewaan program ini adalah kemampuan dan kelengkapannya dalam memadukan modul analisis struktur dengan modul untuk perancangan elemen struktur.



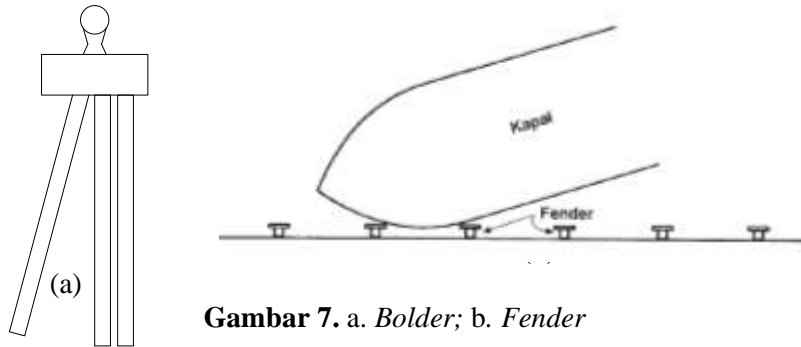
Gambar 6. Grafik hubungan antara Gaya rem (kN) dengan Bentang (m)/ panjang total dermaga/jembatan (L_t)

Definisi Bolder

Bolder adalah suatu konstruksi yang digunakan untuk mengikat kapal pada waktu berlabuh agar tidak terjadi pergeseran atau gerak kapal yang disebabkan oleh gelombang, arus dan angin (Triatmodjo, 2009). Gaya yang diterima oleh *bolder* dipengaruhi oleh kapal yang ditambatkan ke bagian *bolder*. *Bolder* ditunjukkan oleh Gambar 7a.

Definisi fender

Fender merupakan bantalan yang ditempatkan di sisi-sisi dermaga dengan tujuan menyerap energi benturan antara kapal dan dermaga (Triatmodjo, 2009). *Bolder* ditunjukkan oleh Gambar 7b.



Gambar 7. a. Bolder; b. Fender

Definisi tiang pancang

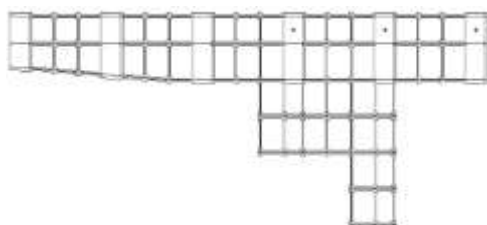
Tiang pancang adalah bagian konstruksi bangunan yang berfungsi sebagai penopang bangunan dan meneruskan beban dari bangunan atas (*super structure*) ke tanah keras. Selain itu, tiang pancang juga digunakan untuk mendukung bangunan dermaga, di mana pada bangunan ini tiang pancang dipengaruhi oleh gaya-gaya benturan kapal dan gelombang (*Hardiyatmo, 2011*).

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi yang menjadi tempat penelitian adalah berada di tepian muara sungai mahakam tepatnya di jalan Diponegoro kelurahan Bukuan kecamatan Palaran kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur, pemilik lokasi adalah PT. Pelabuhan Samudera Palaran dengan lokasi yang terdiri dari dermaga, lapangan penumpukan, dan fasilitas pendukung pelabuhan.

Data teknis

Data gambar rencana untuk mengetahui ukuran dermaga dengan panjang dermaga adalah 105 meter dengan lebar 18,7 meter serta panjang *trestle* 20,8 meter dan lebar 9,3 meter. Elevasi pada *deck* dermaga dirancang dengan ketinggian elevasi 3,5 meter.



Gambar 8. Gambar rencana

Data beban

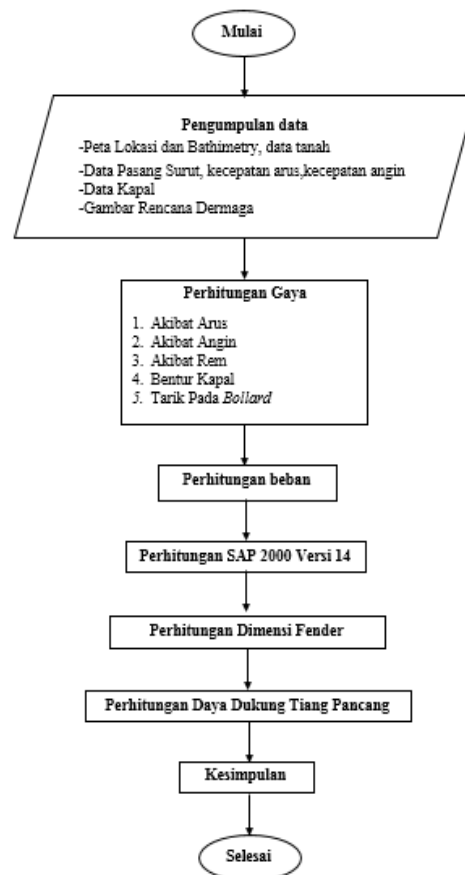
Data pembebanan yang terdiri dari berat petikemas, beban kendaraan dan fasilitas pada dermaga. Data pembebanan pada

dermaga berdasarkan Triadmodjo, 2009 ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pembebanan pada dermaga (Triadmodjo, 2009)

| No | Nama | Berat (ton) | Panjang (m) | Lebar (m) |
|----|--------------------------------|-------------|-------------|-----------|
| 1 | Petikemas 40 ft | 30,48 | 12,192 | 2,438 |
| 2 | Rail Mounted Quay Crane (RMQC) | 831,552 | 16 | 19,5 |
| 3 | Head Truck | 44 | 6,615 | 2,465 |

Penelitian yang dilakukan mengikuti langkah-langkah bagan alir di bawah ini.



Gambar 8. Bagan alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembebanan vertikal

Beban yang diterima oleh dermaga berdasarkan arahnya dapat dibedakan menjadi dua, yakni beban vertikal dan beban horisontal. Beban vertikal terdiri dari beban mati, beban hidup dan beban gempa yang diterima oleh dermaga. Sedangkan beban horisontal terdiri dari gaya-gaya yang diterima oleh dermaga.

a. Beban mati

Berat dari semua bagian bangunan yang bersifat tetap dan konstan selama waktu hidup konstruksi yakni terdiri dari pelat, balok, serta *pile cap*. Pada perhitungan pembebanan dermaga ini, melakukan perhitungan pada bagian *jetty* dermaga. Beban mati pada pembebanan vertikal ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Berat struktur mati pada *deck* dermaga

| No | Nama | Dimensi (m) | | | Jumlah | Berat Jenis Beton (ton/m) | Berat (ton) |
|--------------------|-----------------|-------------|------|-----|--------|---------------------------|----------------|
| | | p | l | t | | | |
| 1 | Plat | 14,666 | 19,6 | 0,3 | 1 | 2,4 | 206,966 |
| 4 | Balok | 156,67 | 0,4 | 0,6 | 31 | 2,4 | 90,238 |
| 5 | <i>Pile Cap</i> | 1 | 1 | 0,8 | 20 | 2,4 | 26,88 |
| TOTAL BERAT | | | | | | | 324,084 |

Dari perhitungan diatas untuk mendapatkan berat mati per luasan dermaga adalah berat total struktur mati dibagi dengan luas dermaga keseluruhan sesuai yaitu sebagai berikut :

$$W_{DL} = \frac{324,084 \text{ ton}}{14,666 \text{ m} \times 19,6 \text{ m}} = 1,127 \text{ ton/m}^2$$

b. Beban hidup

Beban yang terjadi akibat kegunaan suatu bangunan yang terdiri dari alat atau barang yang berpindah yakni ;

1. beban orang = 0,25 ton/m²
2. beban air hujan = 0,1 ton/m²
3. beban petikemas 2 tumpuk =

$$\frac{30,48 \text{ ton}}{12,192 \text{ m} \times 2,438 \text{ m}} = 2,05 \text{ ton/m}$$

4. beban *RMQC* (4 sumbu) =

$$\frac{831,552 \text{ ton}}{4 \text{ sumbu}} = 207,814 \text{ ton}$$

karena setiap sumbu distribusi mempunyai 8 roda, maka beban masing-masing roda ialah ;

$$\frac{207,814 \text{ ton}}{8} = 25,977 \text{ ton}$$

Pembebanan horisontal

Beban horisontal yang diterima oleh dermaga terdiri dari gaya sandar (*berthing forces*), dan gaya tambat (*mooring forces*).

a. Gaya Sandar (*berthing forces*)

Benturan maksimum yang terjadi apabila kapal bermuatan penuh menghantam

dermaga dengan sudut 10° terhadap sisi depan dermaga adalah:

$$E = \frac{WV^2}{2g} \times C_m \times C_s \times C_e \times C_c$$

$$= \frac{14200 \times (0,026)^2}{2 \times 9,81} \times 1,805 \times 0,485 \times 1 \times 1$$

$$= 0,429 \text{ ton.meter}$$

b. Gaya tambat (*mooring forces*)

Gaya akibat angin yang terjadi pada kondisi di dermaga adalah angin datang dari arah tegak lurus terhadap dermaga, maka digunakan perhitungan dengan gaya transversal, yaitu :

1. Gaya akibat angin

freeboard kapal
= tinggi pasang surut + tinggi dermaga
= 1,3 + 1,1
= 2,4 m

$$Loa = 135 \text{ meter}$$

$$A_w = Loa \cdot \text{freeboard}$$

$$= 135 \text{ m} \cdot (2,4 \text{ m})$$

$$= 324 \text{ m}^2$$

$$V = 3 \text{ m/s}$$

$$P_a = 0,063V^2 = 0,063 \cdot (3)^2$$

$$= 0,567 \text{ kg/m}^2$$

$$R_w = 1,1P_a A_w$$

$$= 1,1 \times (0,567) \times (324)$$

$$= 202,079 \text{ kg}$$

2. Gaya akibat arus

Gaya akibat arus yang terjadi pada dermaga ialah arus air dari hulu menuju hilir muara sungai saat kondisi pasang maksimum. Posisi letak dermaga yang sejajar dengan arus air yaitu berada di tepi sungai sehingga:

$$R_a = C_c \gamma_w A_c \left(\frac{V_c^2}{2g} \right)$$

$$= 0,6 \times 1000 \times 1026 \times \frac{0,7}{2,9,81}$$

$$= 18621,9 \text{ kg} = 18,62 \text{ ton}$$

3. Gaya akibat rem

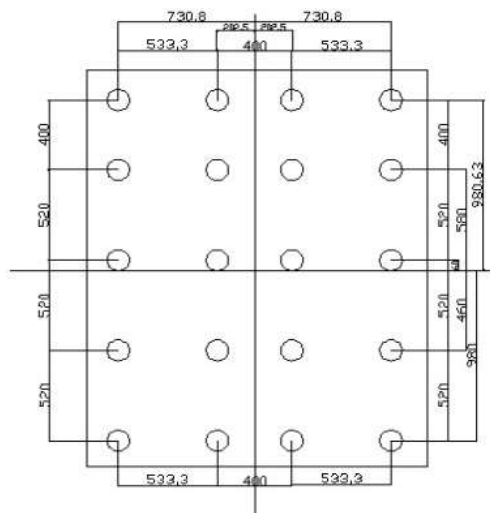
Pengaruh pengereman dari lalu lintas diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang, dan dianggap 1,80 m di atas permukaan lantai dermaga yang mengikuti permukaan lantai jembatan. Besarnya gaya rem arah memanjang dermaga/jembatan tergantung panjang total dermaga/jembatan (Lt) sebagai berikut :

Untuk, Lt = L = 14,666 m
 Gaya rem, T_{TB} = 250 kN
 Y_{TB} (H) = 1,8 + 0,3 + 0,8 = 2,9 m

Momen pada pondasi akibat gaya rem :
 M_{TB} = T_{TB} x Y_{TB} = 725 kN.m

Efisiensi kelompok tiang

Diketahui susunan tiang pancang sesuai pada gambar rencana ditunjukkan oleh Gambar 9 berikut.



Gambar 9. Rencana susunan tiang pancang

Beban yang dipikul oleh masing-masing tiang
 Perhitungan beban yang dipikul oleh masing-masing tiang pancang berdasarkan hasil *output* dari program bantu SAP :

beban vertikal terpusat, V = 652,22 kN
 momen searah sumbu x, M_x = 371,31 kNm
 momen searah sumbu y, M_y = 344,47 kNm
 banyaknya tiang, n = 20
 Σx² = 577,72
 Σx² = 1012,48

$$Q_v = \frac{V}{n} \pm \frac{M_y x_i}{\sum x^2} \pm \frac{M_x y_i}{\sum y^2}$$

Q_{ag} > Q_v → 303,226 kN > 106,181 kN kN, AMAN.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari perhitungan yang dilakukan diperoleh beberapa kesimpulan, yaitu:

- Gaya gaya yang mempengaruhi struktur dermaga :
 - Gaya benturan kapal = 0,429 ton meter
 - Gaya akibat angin = 0,202 ton
 - Gaya akibat arus = 118,6219 ton
 - Gaya akibat rem = 72,5 ton
 - Gaya tarik *bollard* = 18,823 ton

2. Perhitungan *fender*

Tipe *fender* yang akan digunakan adalah *fender* karet silindris FR 3 dengan nilai energi yang dapat diserap adalah 0,429 tonm/m dan beban yang diteruskan ke dermaga adalah 8 ton/m. Dengan berat *fender* 45 kg/m. Jarak antar *fender* adalah 13 m dan menggunakan 1 buah *fender* silindris FR 3 untuk daerah yang ditinjau.

3. Beban yang bekerja pada struktur dermaga

- Berat beban mati = 1,127 ton/m²
- Berat beban hidup = 47,038 ton/m²
- Hasil analisa output SAP 2000:
 - Beban vertikal terpusat = 652,2195 t
 - Momen searah sumbu x = -371,31128 tm
 - Momen searah sumbu y = 344,47495 tm
 - Gaya *horizontal* searah sumbu x = 73,9294 ton
 - Gaya *horizontal* searah sumbu y = - 73,9294 ton

4. Kapasitas dukung tiang pancang

Kapasitas dukung tiang pancang berdasarkan metode *Meyerhof* 1976 pada BH-03 pada kedalaman 40 m sebesar 711,772 kN. nilai kapasitas dukung ijin satu tiang dalam kelompok sebesar 303,226 kN >

dari beban maksimum yang dipikul oleh 1 tiang sebesar 106,181 kN (**AMAN**).

5. Beban yang dipikul masing-masing tiang pancang
 - Beban vertikal yang dipikul oleh tiang vertikal = 106,181 kN
 - Beban vertikal yang dipikul oleh tiang miring = **108.835** kN
 - Beban horisontal yang dipikul oleh tiang miring = 2,654 kN

6. Beban lateral pada tiang pancang

Berdasarkan hasil perhitungan SAP beban lateral yang terjadi pada tiang pancang sebesar 73,93 kN yang dibagi dengan banyaknya tiang miring yakni 4, maka beban lateral yang diterima oleh masing-masing tiang miring 18,48kN < dari nilai tahanan lateral tiang sebesar 44,43 kN sehingga struktur tersebut aman.

Saran

1. Sebaiknya menggunakan *fender* dibagian depan dermaga, karena bagian depan dermaga sangat besar menerima beban dari kapal yang sandar.
2. Jarak antar tiang pancang harus mengikuti aturan yang berlaku, selain untuk menambah kekuatan dari kapasitas dukung kelompok tiang juga memudahkan proses pekerjaan di lapangan.
3. Apabila nilai beban terlalu besar sehingga tidak akan mampu ditahan oleh tiang maka langkah yang diambil ialah ;
 - a. Memperbanyak jumlah tiang;
 - b. Untuk beban horizontal tiang dibuat miring;
 - c. Pembesaran dimensi pada struktur tiang
4. Sebaiknya pada saat hendak menghitung kemampuan tiang pancang dermaga, dimiliki data-data lengkap seperti data spesifikasi kapal yang berlabuh, data laboratorium hasil uji tanah, data pembebanan yang berada di dermaga dan gambar *master plan* dermaga.

DAFTAR PUSTAKA

Asiyanto, 2008. *Metode Konstruksi Bangunan Pelabuhan*, Universitas Indonesia Press, Jakarta.

Hardiyatmo, H.C., 2011. *Analisis dan Perancangan Fondasi II*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

ITS Press., 2009. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2002)*. Surabaya.

Kramadibrata, S., 2002. *Perencanaan Pelabuhan*, ITB, Bandung.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Pemukiman, 2002. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2002)*. Bandung.

Sosrodarsono, dkk, 2000. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT Pradnya Paramit. Jakarta.

Sunggono, 2002. *Buku Teknik Sipil*. Penerbit Nova. Bandung.

Triatmodjo, B., 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Beta Offset. Yogyakarta.