

DESAIN STRUKTUR DERMAGA PELABUHAN KHUSUS DI BAYAH, BANTEN

Muhammad Irfan Fathin Izuddin¹ dan Paramashanti²

Program Studi Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha No. 10, Bandung 40312
Email: irfanfizuddin@gmail.com

Kata Kunci: *deck on pile*, pelabuhan khusus, dermaga batu bara, desain struktur, penulangan.

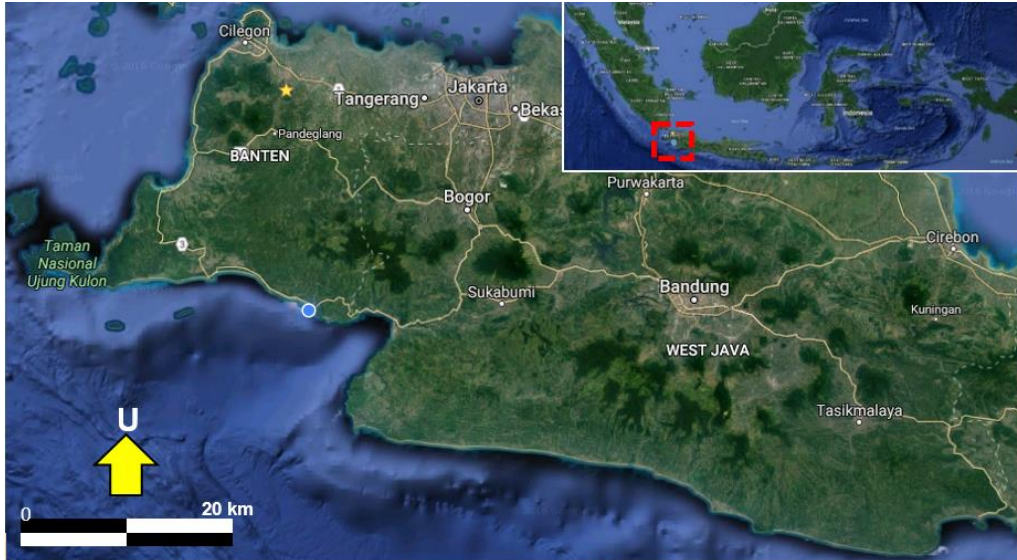
1. PENDAHULUAN

Pelabuhan merupakan salah satu sarana penunjang kegiatan transportasi yang menghubungkan jalur laut dengan jalur darat. Dermaga sendiri merupakan salah satu bangunan utama dalam pelabuhan. Dermaga yang dirancang untuk tugas akhir ini adalah dermaga khusus melayani bongkar curah kering. Pelabuhan curah kering yang dibangun ini merupakan pelabuhan khusus, karena dikelola untuk kepentingan sendiri guna menunjang kegiatan tertentu. Kepentingan sendiri yang dimaksudkan adalah sebagai akses transportasi batu bara untuk memenuhi kebutuhan energi pada PLTU (Pembangkit Listrik Tenaga Uap). PLTU yang dimaksudkan adalah PLTU milik PT. Cemindo Gemilang yang digunakan untuk menunjang kegiatan penambangan di daerah Bayah, Banten.

Pembangunan pelabuhan di Bayah, Banten ini didasari karena jauhnya akses melalui jalur darat untuk sampai ke tempat PLTU ini, maka diperlukan adanya moda transportasi air pada jarak yang dekat yang dapat membawa batu bara dalam jumlah yang besar. Dermaga yang dirancang merupakan dermaga bongkar dimana pada dermaga terdapat kegiatan bongkar batu bara. Kapal yang rencananya akan dilayani pada dermaga ini adalah kapal dengan ukuran 10.000 DWT.

Analisis yang dilakukan adalah desain detail komponen dermaga bongkar batubara bertipe *deck on pile*. Detail komponen dermaga yang dimaksud adalah untuk balok, pelat, dan *pile cap*.

Pembangunan pelabuhan khusus ini berada di daerah Bayan, Banten. Peta lokasi dapat dilihat pada Gambar 1.1 dan Gambar 1.2.



Gambar 1.1 Peta Lokasi Daerah Pelabuhan (1)

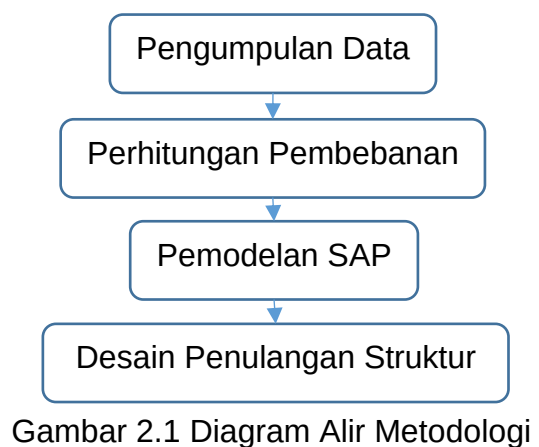


Gambar 1.2 Peta Lokasi Daerah Pelabuhan (2)

2. METODOLOGI

2.1. Metode Penelitian

Langkah pengerjaan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini digambarkan dalam *flowchart* seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Diagram Alir Metodologi

Dermaga didesain untuk kapal *bulk carrier* 10000 DWT dengan satu *grab bucket ship unloader*. Dermaga berada pada kedalaman -14 m dari LWS dengan tunggang pasang 1 m. Data lingkungan yang diperoleh terdiri dari kecepatan angin sebesar $33,14 \text{ m.s}^{-1}$, kecepatan arus maksimum $0,7 \text{ m.s}^{-1}$ pada arah sejajar dan tegak lurus kapal, tinggi gelombang desain 3,68 m dengan perioda gelombang desain 7,54 s.

Dari data yang telah didapat ditentukan dimensi makro dermaganya, yaitu panjang 150 m, lebar 20 m, dan elevasi dermaga +3,5 m diatas LWS. Kemudian ditentukan asumsi dimensi awal elemen strktur dermaga yang terdiri dari balok, pelat, dan *pile cap*, serta tiang pancang.

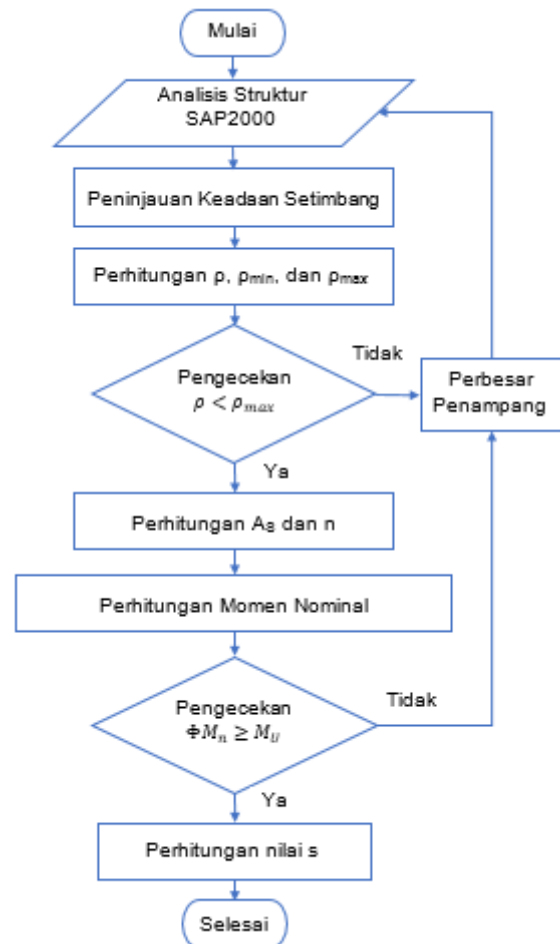
Setelah itu dilakukan perthitungan terhadap beban yang akan berpengaruh terhadap struktur dermaga. Beban-bekan ini dikelompokan berdasarkan jenisnya menjadi beban mati, beban hidup, beban *berthing*, beban *mooring*, beban akibat gelombang dan arus, dan beban gempa. Beban yang telah dikelompokan sebelumnya dibuat kombinasi pembebanan sesuai dengan ASCE/SEI 7-10 *Minimum Design Load for Buildings and Other Structures* (2010) untuk masing-masing kondisi *Service Load State* (SLS) dan *Ultimate Load State* (ULS).

Seluruh data dimensi dermaga hingga pembebanan akan menjadi *input* dalam pemodelan akhir struktur dermaga dengan menggunakan bantuan *software* SAP2000. *Output* yang dihasilkan berupa dimensi optimal yang sanggup memikul beban-bekan tersebut. Selain itu diperoleh juga *Unity Check Ratio* (UCR), *displacement*, dan gaya dalam elemen struktur. Gaya dalam elemen struktur inilah yang kemudian dijadikan acuan dalam menentukan penulangan elemen

struktur yang terdiri dari balok, pelat, dan *pile cap*.

2.2. Metode Penulangan Tarik

Langkah pengerjaan dalam menentukan tulangan tarik digambarkan dalam *flowchart* seperti Gambar 2.2.



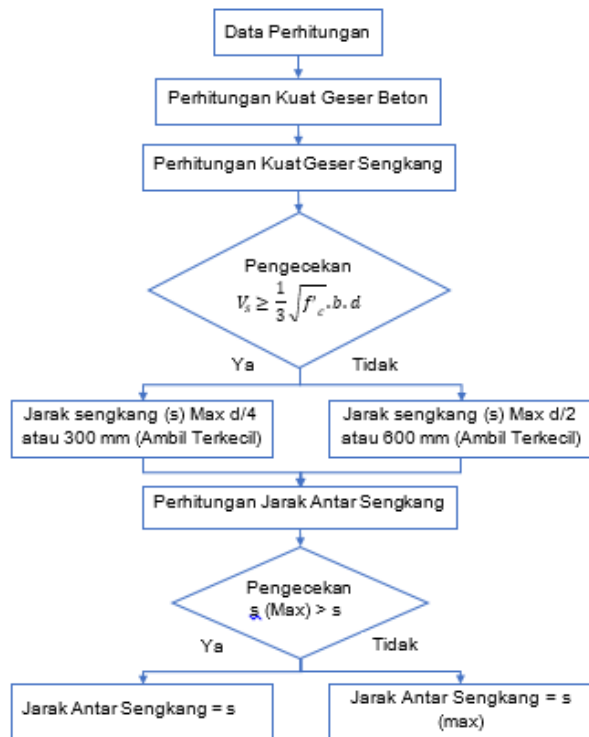
Gambar 2.2 Flowchart Penulangan Lentur

Komponen struktur beton dermaga yaitu balok, pelat, dan *pile cap* akan mengalami gaya dalam berupa momen lentur dan gaya geser akibat gaya-gaya yang bekerja pada dermaga. Material beton memiliki kekuatan tekan yang tinggi, tetapi kekuatan tariknya rendah, sehingga dibutuhkan tulangan baja untuk memberi kekuatan tarik yang tidak dimiliki beton. Jika sebuah balok beton ditumpu oleh tumpuan sederhana (sendi dan rol) dan di atas balok tersebut bekerja beban terpusat dan beban merata, maka akan timbul momen luar. Bagian beton yang

tertarik ini perlu diberikan baja tulangan untuk menambah kekuatan tariknya

2.3. Metode Penulangan Geser

Langkah pengerjaan dalam menentukan tulangan geser digambarkan dalam *flowchart* seperti Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Flowchart Penulangan Geser

Gaya geser yang terjadi pada suatu penampang elemen beton terjadi karena adanya beban yang bekerja pada arah tegak lurus bentang elemen. Gaya geser (*shear*) ini ditahan oleh tulangan geser (sengkang).

3. HASIL DAN ANALISIS

Setelah seluruh *input* untuk pemodelan telah dimodelkan dilakukan *run analysis* pada *software* SAP2000 untuk masing-masing kondisi SLS dan ULS. Dari kombinasi SLS, *output* yang ditinjau adalah pergeseran (*displacement*) struktur atas, sedangkan dari kombinasi ULS *output* yang ditinjau adalah UCR dan gaya dalam pada elemen struktur.

Pergeseran terbesar yang terjadi pada struktur adalah 0,0845 m akibat kombinasi pembebanan COMB 5.2.2.2, yaitu kombinasi beban struktur sendiri, beban hidup yang terdiri dari beban *conveyor*, manusia, dan beban *crane* saat posisi kedua dimana *crane* terletak di bagian tengah dermaga, kemudian beban gelombang dan arus yang mengarah ke pangkal dermaga (y-), serta beban berthing kapal pada posisi kedua, yaitu di bagian tengah dermaga. Hasil tersebut masih lebih kecil dari pergeseran maksimum yang diizinkan dalam desain ini, sehingga dapat disimpulkan bahwa struktur aman.

Pemeriksaan terhadap UCR hanya dilakukan terhadap material baja (tiang pancang). Nilai UCR maksimum yang didapat dari desain ini adalah 0,399 yang terjadi akibat kombinasi pembebanan COMB5.1.2.1, yaitu kombinasi dari beban struktur itu sendiri, beban hidup yang terdiri dari beban *conveyor*, manusia dan beban *crane* saat posisi pertama dimana *crane* berada di bagian ujung dermaga, beban gelombang dan arus yang mengarah ke pangkal dermaga (y-), serta beban berthing kapal pada posisi pertama di bagian ujung dermaga.

Hasil *output* gaya dalam yang terjadi pada balok ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Gaya Geser dan Momem Maksimum Balok

Tipe Balok	Gaya Geser Maksimum (V2)		Momen Maksimum (M3)	
	Positif (kN)	Negatif (kN)	Positif (kNm)	Negatif (kNm)
Balok Conveyor	75,321	75,321	41,232	77,623
Balok Crane	879,535	879,8	469,635	657,593
Balok Melebar	69,829	69,722	62,465	78,831
Balok Memanjang	51,045	51,045	29,873	55,336

Nilai gaya geser terbesar dihasilkan oleh kombinasi pembebanan COMB2.2, yaitu

kombinasi beban struktur sendiri (*Dead Load*) dengan beban hidup 2 (*Live2*) yang terdiri dari beban *conveyor*, beban manusia dan beban *crane* saat posisi kedua dimana *crane* terletak di tengah dermaga. Sedangkan nilai momen terbesar dihasilkan oleh kombinasi pembebanan COMB2.3, yaitu kombinasi beban struktur sendiri (*Dead Load*) dengan beban hidup 3 (*Live3*) yang terdiri dari beban *conveyor*, beban manusia dan beban *crane* saat posisi kedua dimana *crane* terletak di pangkal dermaga. Hasil *output* gaya dalam yang terjadi pada pelat ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Momen Maksimum Pelat

Tipe Pelat	Arah Memanjang Maksimum (M11)		Arah Melebar Maksimum (M22)	
	Positif (kN)	Negatif (kN)	Positif (kNm)	Negatif (kNm)
Pelat1	90,989	76,367	36,551	25,328
Pelat2	102,693	68,331	37,564	28,699
Pelat3	53,941	76,577	16,679	27,842
Pelat4	36,412	41,881	8,623	23,093
Pelat5	7,816	23,761	7,833	22,665

Momen terbesar pada pelat dihasilkan oleh kombinasi pembebanan COMB2.2,

yaitu kombinasi beban struktur sendiri (*Dead Load*) dengan beban hidup 2 (*Live2*) yang terdiri dari beban *conveyor*, beban manusia dan beban *crane* saat posisi kedua dimana *crane* terletak di tengah dermaga.

Hasil *output* reaksi perletakan yang terjadi pada *pile cap* ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Reaksi Perletakan Pile Cap

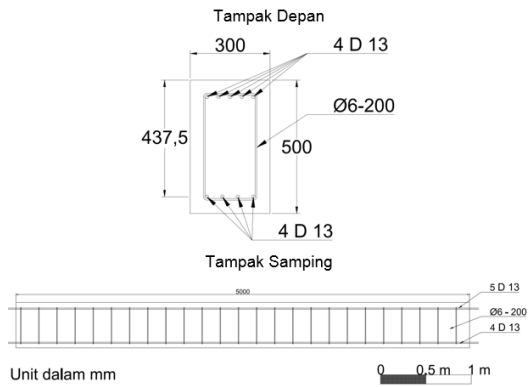
Frame	Kombinasi	Momen (kNm)
67	COMB2.3	1554,574

Nilai reaksi perletakan terbesar yang terjadi pada pelat dihasilkan oleh kombinasi pembebanan COMB2.3, yaitu kombinasi beban struktur sendiri (*Dead Load*) dengan beban hidup 3 (*Live3*) yang terdiri dari beban *conveyor*, beban manusia dan beban *crane* saat posisi kedua dimana *crane* terletak di pangkal dermaga. Hasil desain tulangan balok ditunjukkan pada Tabel 3.4.

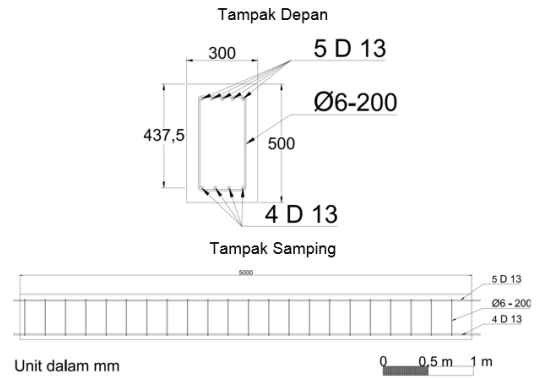
Tabel 3.4 Penulangan Balok

Jenis Struktur	Jenis Tulangan	Dimensi
Balok Conveyor	Tulangan Lentur Atas	4 D 13
	Tulangan Lentur Bawah	4 D 13
	Tulangan Geser	2 Φ 6 - 200
Balok Crane	Tulangan Lentur Atas	6 D 25
	Tulangan Lentur Bawah	4 D 25
	Tulangan Geser	2 Φ 25 - 300
Balok Melebar	Tulangan Lentur Atas	5 D 13
	Tulangan Lentur Bawah	4 D 13
	Tulangan Geser	2 Φ 6 - 200
Balok Memanjang	Tulangan Lentur Atas	4 D 13
	Tulangan Lentur Bawah	4 D 13
	Tulangan Geser	2 Φ 6 - 200

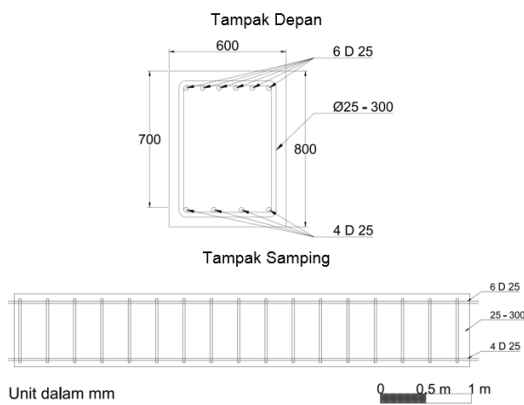
Gambar desain tulangan balok ditunjukkan oleh Gambar 3.1 hingga Gambar 3.4.



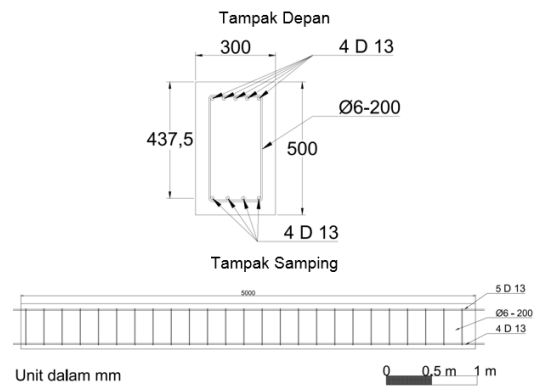
Gambar 3.1 Penulangan Balok
Conveyor



Gambar 3.3 Penulangan Balok
Melebar



Gambar 3.2 Penulangan Balok
Crane



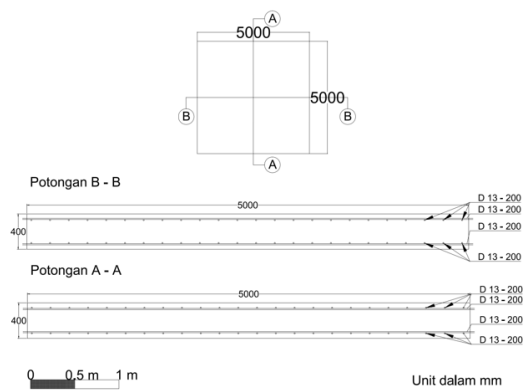
Gambar 3.4 Penulangan Balok
Memanjang

Hasil desain penulangan pelat ditunjukkan oleh Tabel 3.5.

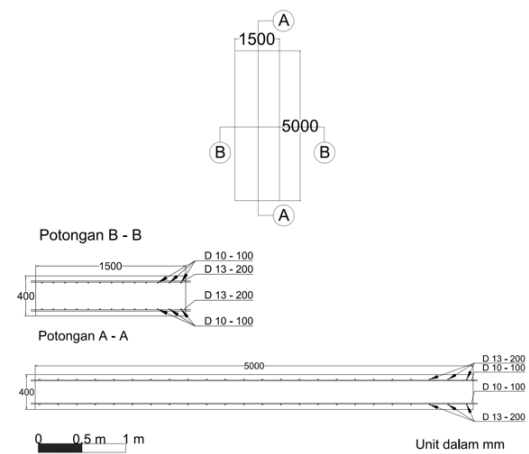
Tabel 3.5 Penulangan Pelat

Jenis	Jenis Tulangan	Dimensi
Pelat 1	Tulangan Lentur Atas Melebar	D 13 - 200
	Tulangan Lentur Bawah Melebar	D 13 - 200
	Tulangan Lentur Atas Memanjang	D 13 - 200
	Tulangan Lentur Bawah	D 13 - 200
Pelat 2	Tulangan Lentur Atas Melebar	D 10 - 100
	Tulangan Lentur Bawah Melebar	D 10 - 100
	Tulangan Lentur Atas Memanjang	D 13 - 200
	Tulangan Lentur Bawah	D 13 - 200
Pelat 3	Tulangan Lentur Atas Melebar	D 10 - 100
	Tulangan Lentur Bawah Melebar	D 10 - 100
	Tulangan Lentur Atas Memanjang	D 13 - 200
	Tulangan Lentur Bawah	D 13 - 200
Pelat 4	Tulangan Lentur Atas Melebar	D 13 - 200
	Tulangan Lentur Bawah Melebar	D 13 - 200
	Tulangan Lentur Atas Memanjang	D 10 - 100
	Tulangan Lentur Bawah	D 10 - 100
Pelat 5	Tulangan Lentur Atas Melebar	D 10 - 100
	Tulangan Lentur Bawah Melebar	D 10 - 100
	Tulangan Lentur Atas Memanjang	D 10 - 100
	Tulangan Lentur Bawah	D 10 - 100

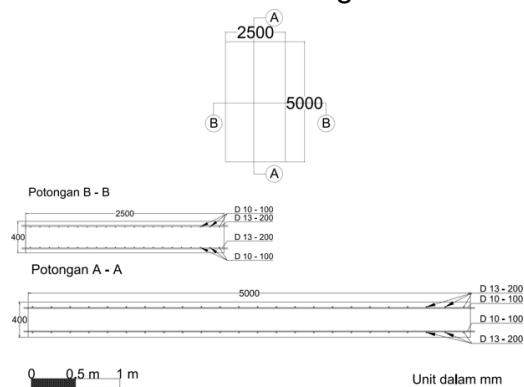
Gambar desain tulangan balok ditunjukkan oleh Gambar 3.5 hingga Gambar 3.9.



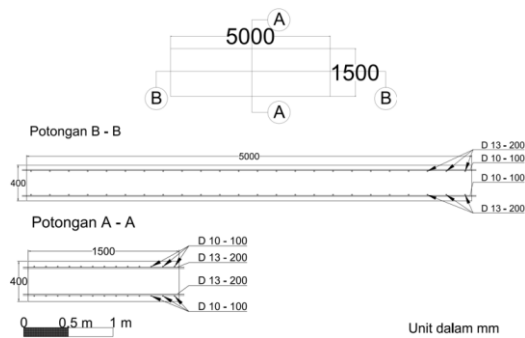
Gambar 3.5 Penulangan Pelat 1



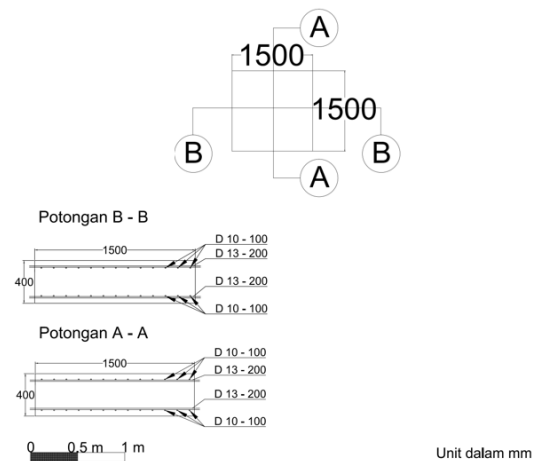
Gambar 3.7 Penulangan Pelat 3



Gambar 3.6 Penulangan Pelat 2



Gambar 3.8 Penulangan Pelat 4



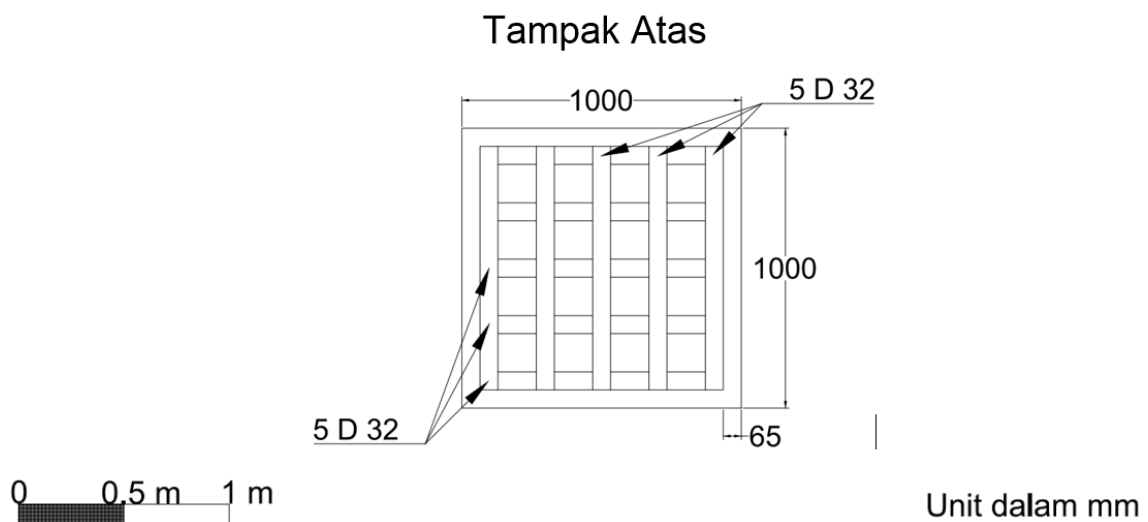
Gambar 3.9 Penulangan Pelat 5

Hasil desain penulangan *pile cap* ditunjukkan oleh Tabel 3.6.

Tabel 3.6 Penulangan *Pile Cap*

Jenis	Jenis Tulangan	Dimensi	Jarak (mm)
Pile Cap	Tulangan Lentur Atas	5 D 32	178
	Tulangan Lentur Bawah	5 D 32	178

Gambar desain tulangan *pile cap* ditunjukkan oleh Gambar 3.5



Gambar 3.10 Penulangan Pile Cap

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari laporan tugas akhir ini adalah penampang komponen struktur

dermaga memenuhi kriteria nilai UCR dan pergeseran. Sehingga penampang komponen struktur

dermaga dapat dikatakan aman dan kuat dalam memikul beban yang berada pada dermaga.

Untuk hasil yang lebih maksimal dibutuhkan data hasil survey pada daerah pembangunan, karena data yang digunakan pada laporan Tugas Akhir ini merupakan data yang dianggap representative terhadap daerah pembangunan.

Perlu dilakukan uji daya dukung tanah dan perhitungan pembiayaan dalam melakukan perancangan desain struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- Triatmodjo, Bambang. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. *Teknik Pantai*. Yogyakarta.
- PT. Cemindo Gemilang. 2016. *General Layout of Jetty and Road*.
- PT. Cemindo Gemilang. 2014. *Karang Taraje Port, Borehole SK11*.
- PT. Cemindo Gemilang. 2014. *Karang Taraje Port, Borehole SK12*.
- PT. Cemindo Gemilang. 2014. *Karang Taraje Port, Borehole SK13*.
- Badan Standar Nasional. 2012. Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non-Gedung*. Jakarta.
- PT. Cemindo Gemilang. 2014. *GAMA Tide and Sediment Research and Analysis Report, Rev. C*.
- Thorensen, Carl A. 2003. *Port Designer's Handbook*.
- OCDI (The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan). 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*.
- PIANC (Permanent International Association of Navigation Congresses). 2002. *Design of Fender Systems*.
- DAMAS Member of The Skiold Group, *Belt Conveyor Data*.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. Standar Nasional Indonesia (SNI) 2847, *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta.
- KHI. *Product Spesification. Trelborg Marine System. Fender Application Design Manual*.
- Trelborg Marine System. *The Bollard Guide*.
- Kementrian Pekerjaan Umum. 2010. *Peta Gempa Indonesia*. Jakarta.
- Doosan Heavy Industries & Construction. 2011. *Basic Design Plan for Wharf Type Coal Jetty*.