

PERANCANGAN DERMAGA PETI KEMAS DI BITUNG, SULAWESI UTARA

Bagus Bagaskara Putra¹ dan Rildova²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

[¹bagus.bagaskara@outlook.com](mailto:bagus.bagaskara@outlook.com) dan [²rildova@ocean.itb.ac.id](mailto:rildova@ocean.itb.ac.id)

Abstrak : Indonesia adalah negara maritim sehingga transportasi laut memegang peranan penting dalam perkembangan Indonesia. Transportasi laut harus didukung dengan sarana dan prasarana yang memadai, khususnya sarana berlabuh yaitu dermaga. Dengan tersedianya fasilitas dermaga di seluruh wilayah Indonesia, arus perpindahan barang dan manusia dapat terjadi dengan lancar. Salah satu metode umum untuk mengangkut barang adalah dengan peti kemas. Maka dermaga perlu dirancang agar dapat melayani kargo peti kemas. Dermaga peti kemas direncanakan dibangun di Terminal Peti Kemas Bitung, Sulawesi Utara sebagai bagian dari rencana jangka panjang pengembangan Pelabuhan Bitung sebagai Pelabuhan Hub Internasional.

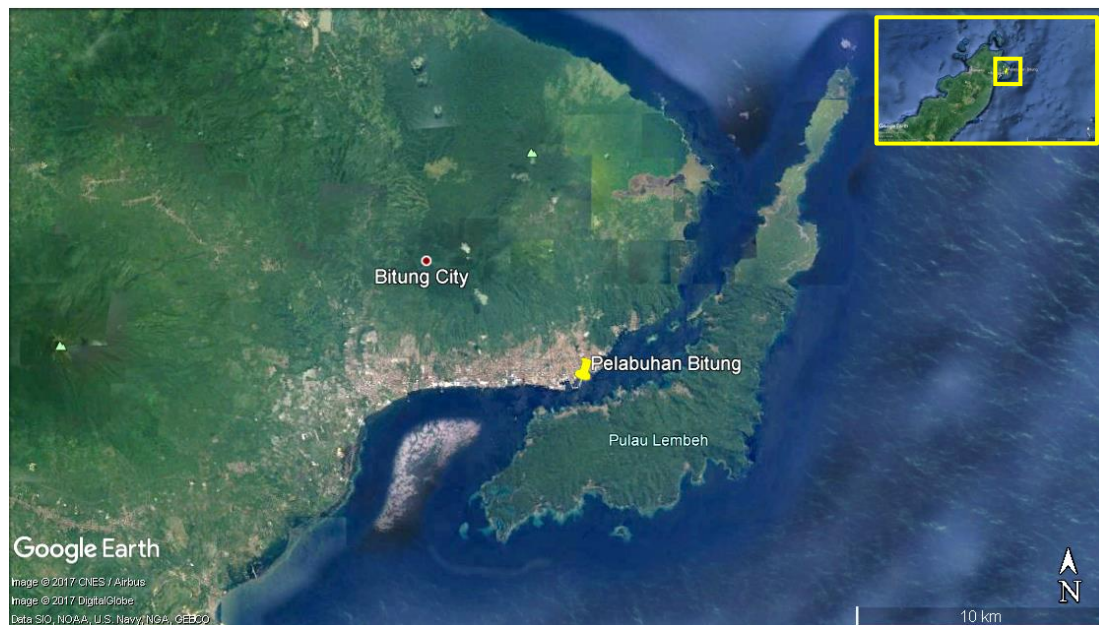
Dermaga dirancang dengan tipe *deck on pile*. Lingkup dari bahasan Tugas Akhir meliputi penjelasan kriteria desain struktur dermaga, pemodelan data lingkungan (gelombang dan arus), perhitungan beban-beban yang bekerja pada dermaga, penentuan dimensi dermaga, analisis struktur dermaga, desain penulangan elemen struktural beton, dan analisis daya dukung tanah. Acuan desain dermaga secara umum didapatkan dari dokumen *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan* yang ditulis oleh The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI), sedangkan kriteria desain untuk elemen struktural (baja dan beton) didapatkan dari SNI 1729:2012 dan SNI 2847:2013.

Analisis struktur dermaga dilakukan dengan bantuan perangkat lunak analisis struktur. Desain yang dihasilkan memiliki UCR untuk tiang pancang sebesar 0.82 dengan reaksi perletakan pada ujung tiang sebesar 2841.888 kN. Pondasi tiang pancang pada dermaga rencana perlu dipancang hingga kedalaman tiga puluh meter dari dasar laut.

Kata Kunci: *Dermaga, Struktur, Peti Kemas, Desain*

PENDAHULUAN

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan jumlah pulau yang terdaftar di PBB sebanyak 13.466 pulau. Tersebar nya penduduk Indonesia di 13.466 pulau tersebut menghadirkan tantangan dalam mendistribusikan kebutuhan-kebutuhan pokok (logistik) dengan efektif dan efisien. Untuk meningkatkan efisiensi angkutan barang, diperkenalkan konsep Peti Kemas. Peti kemas semakin populer sehingga menggantikan metode konvensional karena memberikan kemudahan dalam hal penanganan dan pengawasan barang. Pemerintah Republik Indonesia periode 2015 – 2019 menargetkan turunnya biaya logistik hingga di bawah 20% dari Produk Domestik Bruto (PDB) pada tahun 2019. Untuk mencapai target tersebut, pemerintah meluncurkan program Tol Laut. Salah satu dari 24 pelabuhan yang akan dikembangkan adalah Pelabuhan Bitung, Sulawesi Utara. Pelabuhan Bitung ditetapkan sebagai *International Hub Port* yang akan menjadi pintu keluar-masuk utama bagi wilayah Indonesia bagian timur. Dermaga rencana akan dibangun pada Pelabuhan Bitung sebagai bagian dari rencana jangka panjang pengembangan Pelabuhan Bitung. Lokasi dermaga rencana ditunjukkan pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1 Lokasi Dermaga Rencana – Kota Bitung



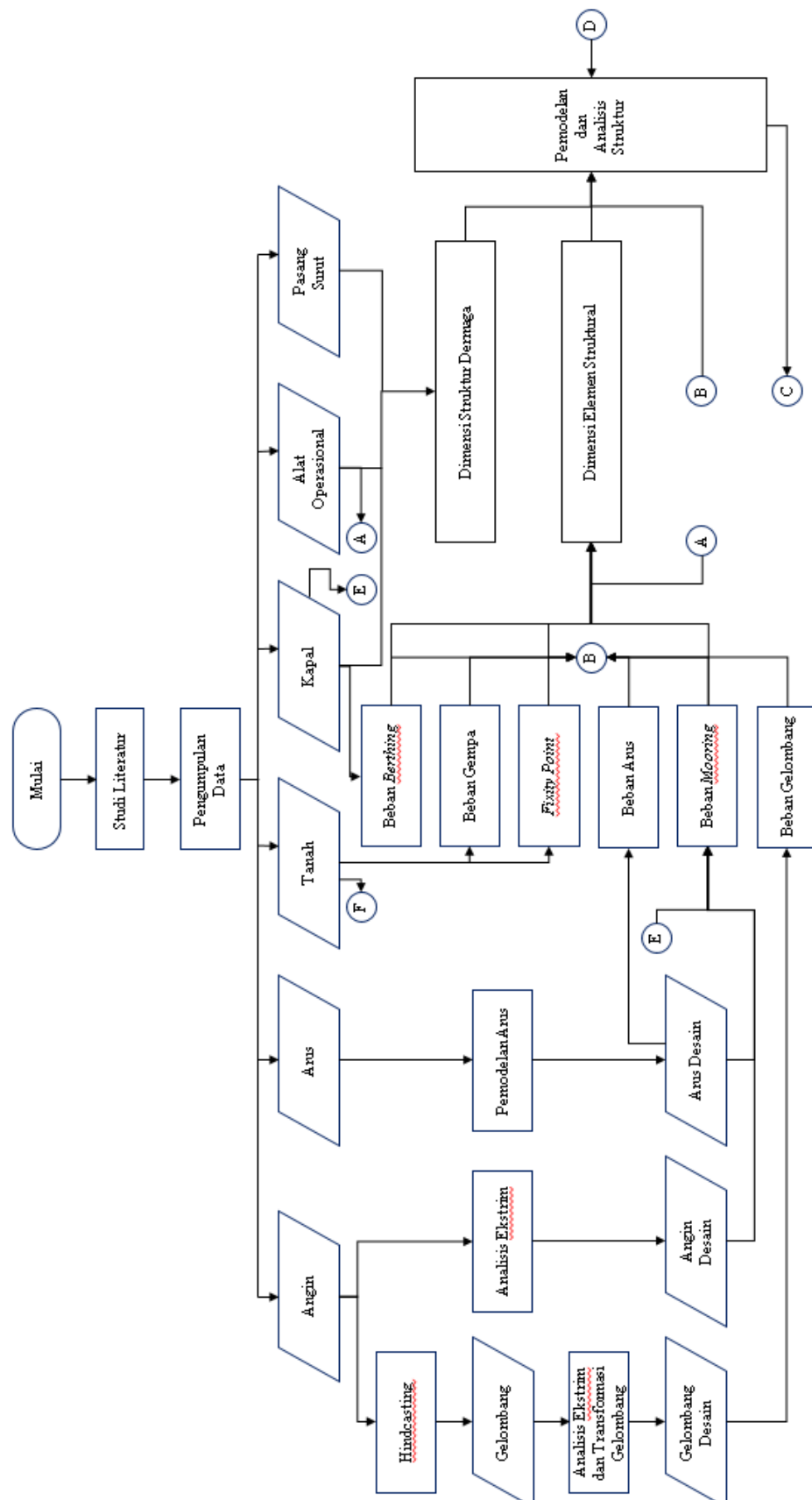
Gambar 2 Lokasi Dermaga Rencana – Pelabuhan Bitung

TEORI DAN METODOLOGI

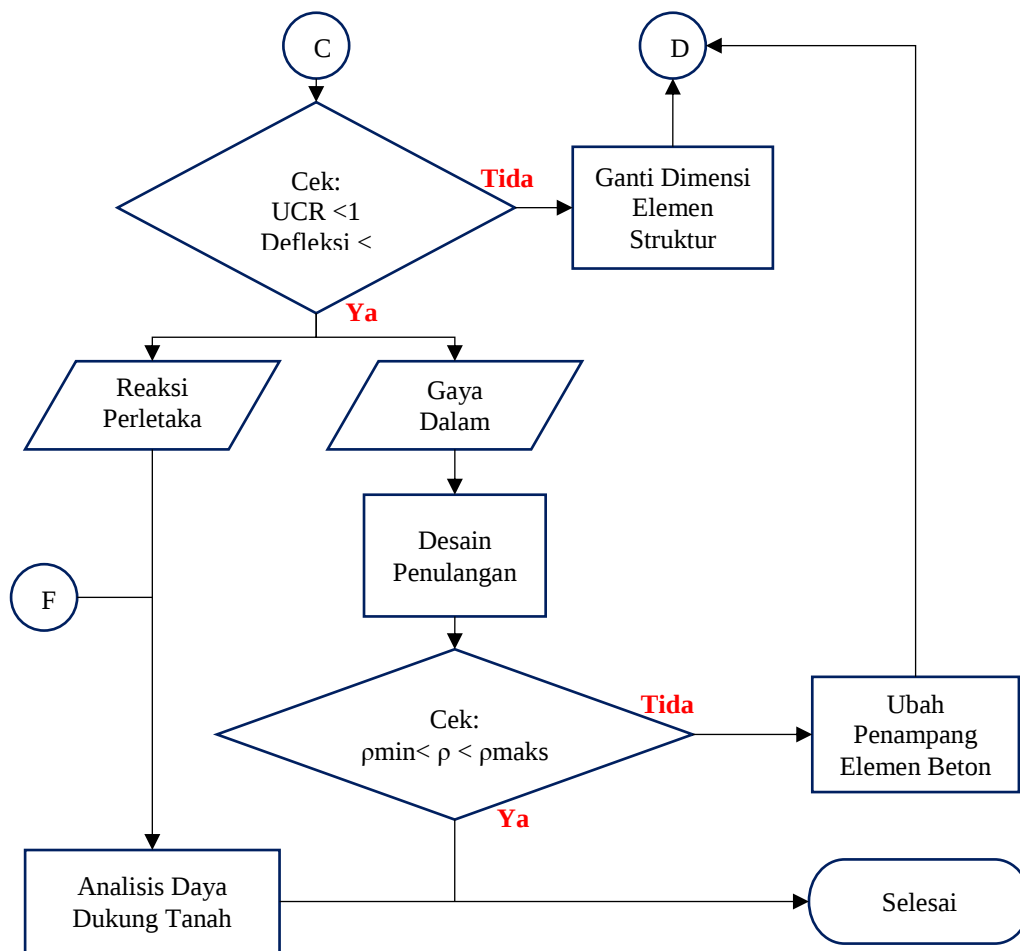
Metodologi pengerjaan Tugas Akhir ditunjukkan pada Gambar 3. Data awal yang digunakan merupakan data sekunder berupa data angin, pasang surut, arus, karakteristik kapal, dan data tanah. Dari data awal tersebut kemudian dilakukan *hindcasting* untuk mendapatkan data gelombang dan dilakukan pula pemodelan transformasi gelombang untuk mendapatkan tinggi gelombang di depan dermaga. Dihasilkan tinggi gelombang sebesar 1,6 cm sehingga gaya gelombang diabaikan dalam Tugas Akhir ini. Data pasang surut dijadikan masukan dalam pemodelan hidrodinamika untuk mendapatkan arus terkuat di depan dermaga rencana. Dihasilkan arus rencana sebesar 0.75 m/s. Kondisi tunggang pasang di Pelabuhan Bitung sebesar 2.2 meter. Kapal yang direncanakan berlabuh adalah kapal panamax 25.000 DWT dengan *draft* sebesar 10.2 meter. Kedalaman perairan di depan dermaga adalah 12 meter dari LWS (*lowest water spring*).

Perhitungan beban pada dermaga dibagi menjadi beban mati, yang terdiri dari berat sendiri struktur, berat aspal, berat *bollard*, berat *fender*, dan berat *crane*; beban hidup, terdiri dari beban manusia, beban lajur dari truk peti kemas, dan beban berlabuh dari kapal; dan beban lingkungan yang terdiri dari beban arus dan gempa. Beban-beban tersebut dimasukkan ke dalam perangkat lunak analisis struktur untuk diaplikasikan pada model struktur. Keluaran dari perangkat lunak analisis struktur, berupa gaya dalam dan reaksi perletakan, digunakan untuk proses analisis selanjutnya yaitu penulangan dan daya dukung tanah. Dermaga dirancang dengan referensi standar utama dari Standar Nasional Indonesia (SNI) dan dokumen *Technical*

Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan yang ditulis oleh The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI).



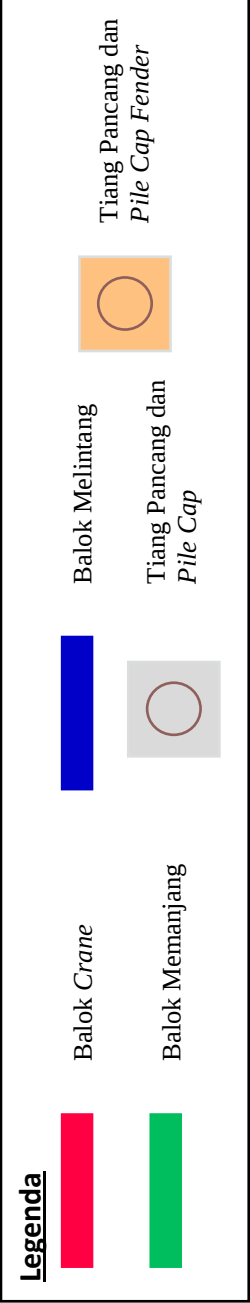
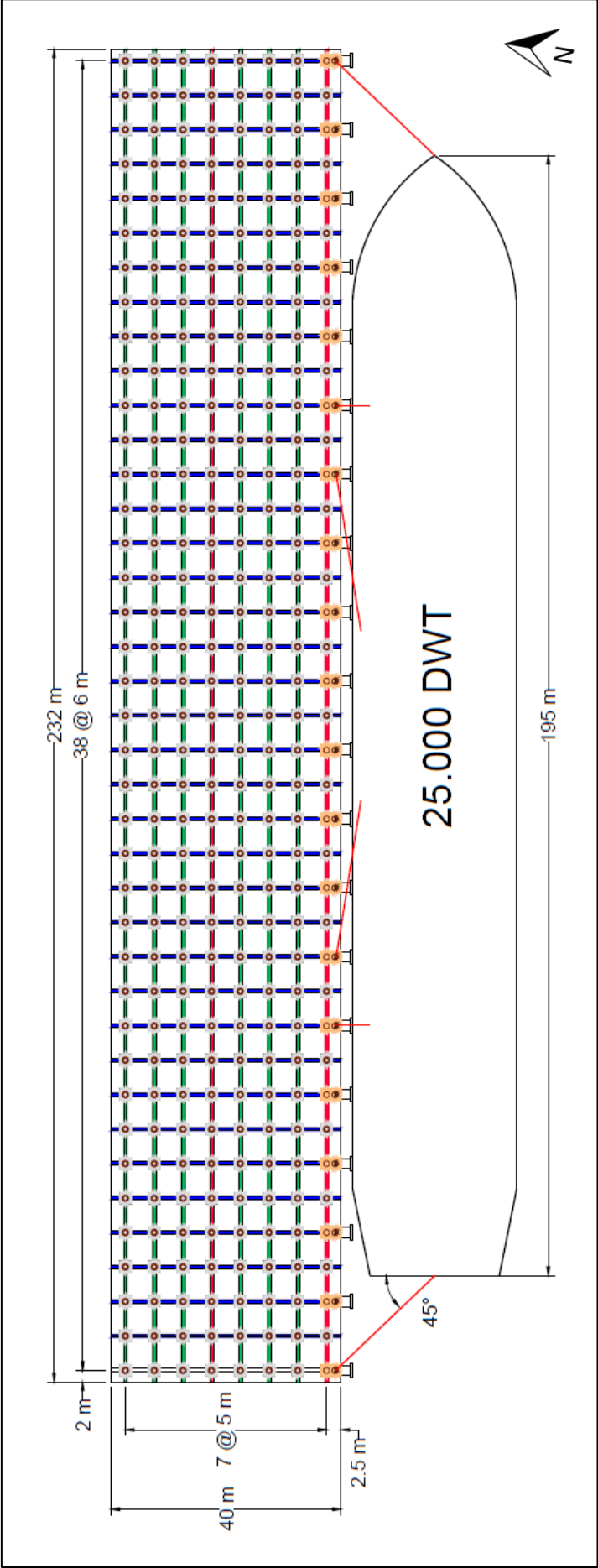
Gambar 3 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir - 1



Gambar 4 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir – 2

HASIL DAN ANALISIS

Dermaga rencana memiliki ukuran panjang 232 meter, lebar 40 meter, dan elevasi 15 meter dari dasar laut. Komponen *fender* yang digunakan adalah CSS1600 (G1.4) dari Shibata Fender Team dan *bollard* Tee 80 ton dari Trelleborg Marine Systems. Tiang pancang digunakan dari KHI dengan diameter 711 mm dan tebal 17.5 mm. Struktur ini kemudian dimodelkan dalam perangkat lunak analisis struktur dalam bentuk elemen-elemen struktural berupa tiang pancang, balok, dan pelat. Denah elemen struktural ditunjukkan pada Gambar 5. Keluaran pemodelan yang dianalisis adalah nilai defleksi untuk tiang pancang dan balok, nilai *unitiy check ratio* (UCR) tiang pancang, dan gaya dalam pada elemen struktur beton. Keluaran UCR tiang pancang ditunjukkan pada Tabel 1, defleksi tiang pancang ditunjukkan pada Tabel 2 dan Tabel 3, dan defleksi balok ditunjukkan pada Tabel 4 dan Tabel 5.



Gambar 5 Denah Elemen Struktural

Tabel 1 UCR Tiang Pancang Terbesar

Frame	COMBO	UCR
PILE6-18	ULS5.3	0.829
PILE6-20	ULS5.3	0.828
PILE6-23	ULS5.3	0.828
PILE6-15	ULS5.4	0.828
PILE6-7	ULS5.1	0.828

Keterangan COMBO :

- SLS5.1 : Beban mati, Beban *crane*, Beban hidup (tanpa *berthing*), Gempa X
- SLS5.3 : Beban mati, Beban *crane*, Beban hidup (tanpa *berthing*), Gempa X
- SLS5.4 : Beban mati, Beban *crane*, Beban hidup (tanpa *berthing*), Gempa Y

Tabel 2 Defleksi Tiang Pancang Akibat Beban Tetap

Elemen	COMBO	Defleksi (m)			Batas	Keterangan
JP1-24	SLS2.4	U1	smallest	-0.00009	0.0366	OK
JP1-6	SLS1.1		largest	0.00009		OK
JP1-36	SLS1.1	U2	smallest	0.00007		OK
JP1-18	SLS2.4		largest	0.00057		OK

Keterangan COMBO :

- SLS1.1 : Beban mati, Beban *crane*
- SLS2.4 : Beban mati, Beban *crane*, Beban hidup+*berthing*

Tabel 3 Defleksi Tiang Pancang Akibat Beban Sementara

Elemen	COMBO	Defleksi (m)			Batas	Keterangan
JP6-24	SLS6.2	U1	smallest	-0.05278	0.0915	OK
JP6-3	SLS6.1		largest	0.05283		OK
JP2-27	SLS6.4	U2	smallest	-0.05289		OK
JP2-13	SLS6.4		largest	0.05322		OK

Keterangan COMBO :

- SLS6.1 : Beban mati, Beban *crane*, Gempa X
- SLS6.2 : Beban mati, Beban *crane*, Gempa X
- SLS6.4 : Beban mati, Beban *crane*, Gempa Y

Tabel 4 Defleksi BalokTertumpu di Kedua Ujung

Tipe	Nama Joint	COMBO	Defleksi (m)	Batas	Rasio thd Batas	Keterangan
Balok crane	JBC2-105	SLS2.1	-0.00767	0.01250	0.613	OK
Balok Panjang	JBP2-418	SLS2.4	-0.00598	0.01250	0.478	OK
Balok Lintang	JBL44	SLS2.4	-0.00661	0.01042	0.634	OK

Keterangan COMBO :

- SLS2.1 : Beban mati, CR1, Beban hidup+*berthing*
- SLS2.4 : Beban mati, CR2, Beban hidup+*berthing*

Tabel 5 Defleksi Kantilever Balok Beton

Tipe	Nama Joint	COMBO	Defleksi (m)	Batas	Rasio thd Batas	Keterangan
Balok crane	8	SLS5.5	-0.00288	0.00417	0.691	OK
Balok Panjang	11	SLS5.5	-0.00345	0.00417	0.829	OK
Balok Lintang	204	SLS5.4	-0.00513	0.00521	0.986	OK

Keterangan COMBO :

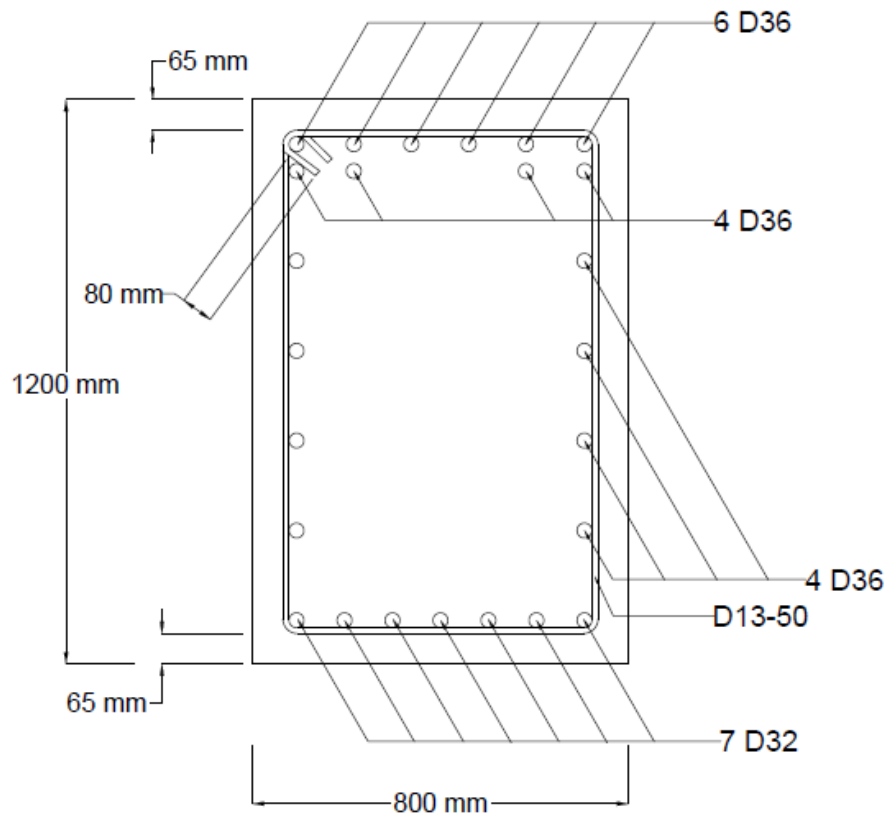
- SLS5.4 : Beban mati, CR2, Beban hidup(tanpa *berthing*), Gempa Y
- SLS5.5 : Beban mati, CR3, Beban hidup(tanpa *berthing*), Gempa X

Keluaran UCR menunjukkan nilai di rentang $0.8 < UCR < 1$ yang menandakan bahwa desain penampang tiang pancang sudah optimal. Selain itu nilai defleksi pada tiang pancang dan balok semuanya berada di bawah batas izin defleksi. Maka desain penampang dapat digunakan pada struktur dermaga rencana. Keluaran perangkat lunak analisis struktur berupa gaya dalam digunakan untuk perancangan tulangan pada elemen beton. Rangkuman desain tulangan pada elemen beton ditunjukkan pada Tabel 6. Dari keluaran pemodelan didapatkan pula reaksi perletakan pada tiap ujung tiang pancang. Reaksi terbesar bernilai 2841.888 kN. Hasil perhitungan daya dukung tanah ditunjukkan pada Gambar 17. Untuk

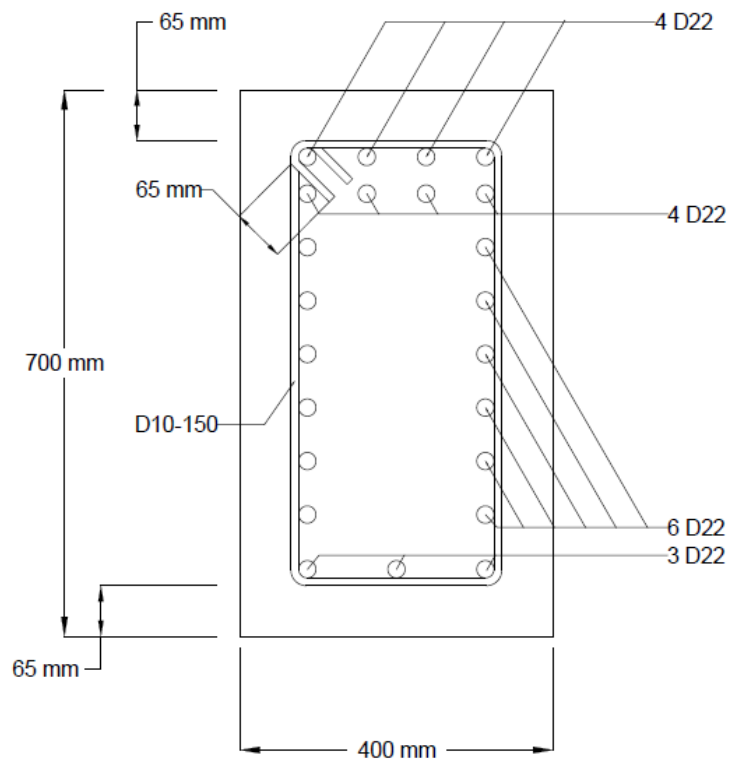
dapat menyokong struktur, tiang pancang harus dipancang hingga kedalaman tiga puluh meter dari dasar laut.

Tabel 6 Rangkuman Desain Penulangan Elemen Beton

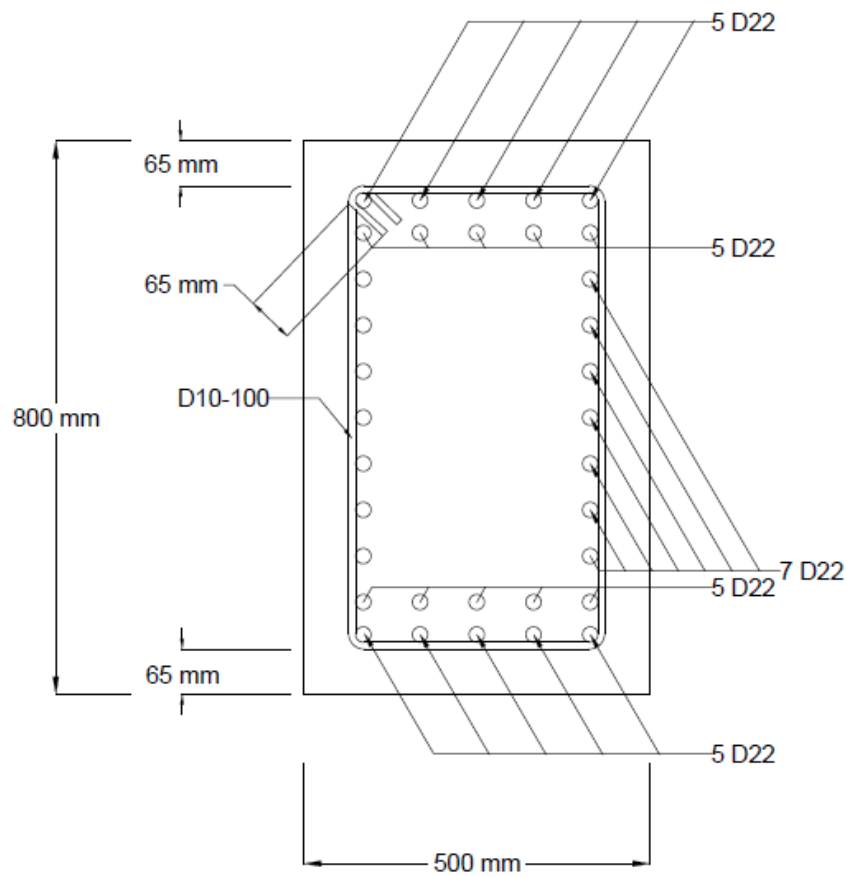
Balok	Dimensi	Tulangan Atas	Tulangan Bawah	Tulangan Sengkan
Balok <i>Crane</i> (Gambar 6)	0.8 m x 1.2 m	4 Ø32 mm + 6 Ø32 mm	7 Ø32 mm	Ø13 mm – 50 mm
Balok Memanjang (Gambar 7)	0.4 m x 0.7 m	4 Ø22 mm + 4 Ø22 mm	3 Ø22 mm	Ø10 mm – 150 mm
Balok Melintang (Gambar 8)	0.5 m x 0.8 m	5 Ø22 mm + 5 Ø22 mm	5 Ø22 mm + 5 Ø22 mm	Ø10 mm – 100 mm
Pelat	Dimensi	Tulangan Arah X	Tulangan Arah Y	
Pelat (Gambar 9)	0.22 m x 5 m x 6 m	• Atas: Ø10-50 • Bawah: Ø10-50	• Atas: Ø10-100 • Bawah: Ø10-100	
<i>Pile Cap</i> <i>Crane</i> (Gambar 10)	1.3 m x 1.5 m x 1.5 m	Ø13-40	Ø13-40	
<i>Pile Cap</i> Balok Biasa (Gambar 12)	1.0 m x 1.5 m x 1.5 m	Ø13-50	Ø13-50	
<i>Pile Cap</i> <i>Fender</i> (Gambar 14)	2.0 m x 2.5 m x 3.25 m	Ø16-40	Ø16-40	



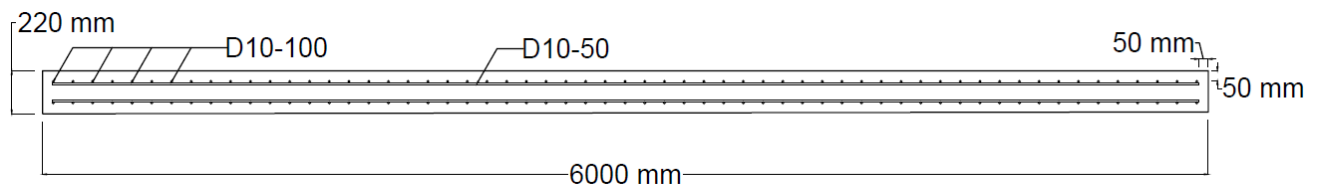
Gambar 6 Desain Penulangan Balok Crane



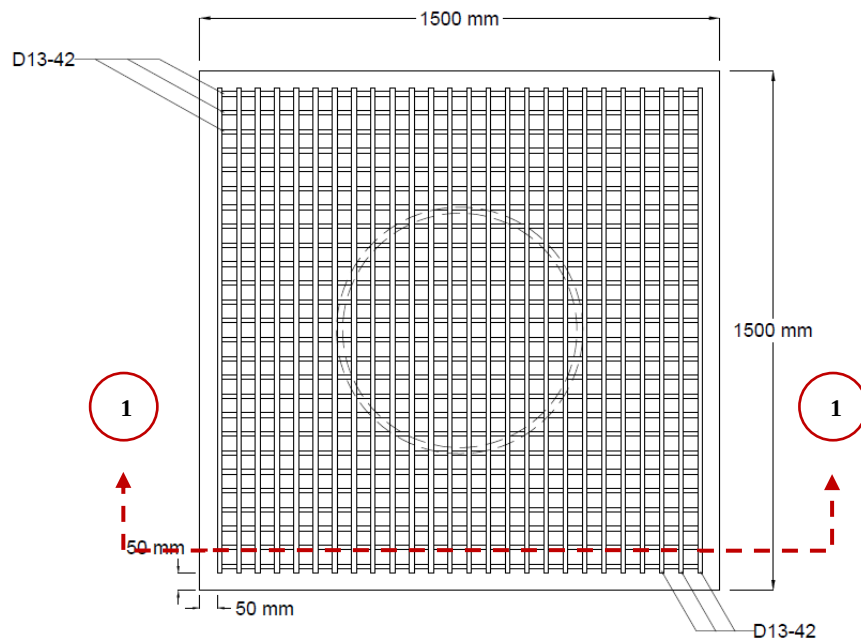
Gambar 7 Desain Penulangan Balok Memanjang



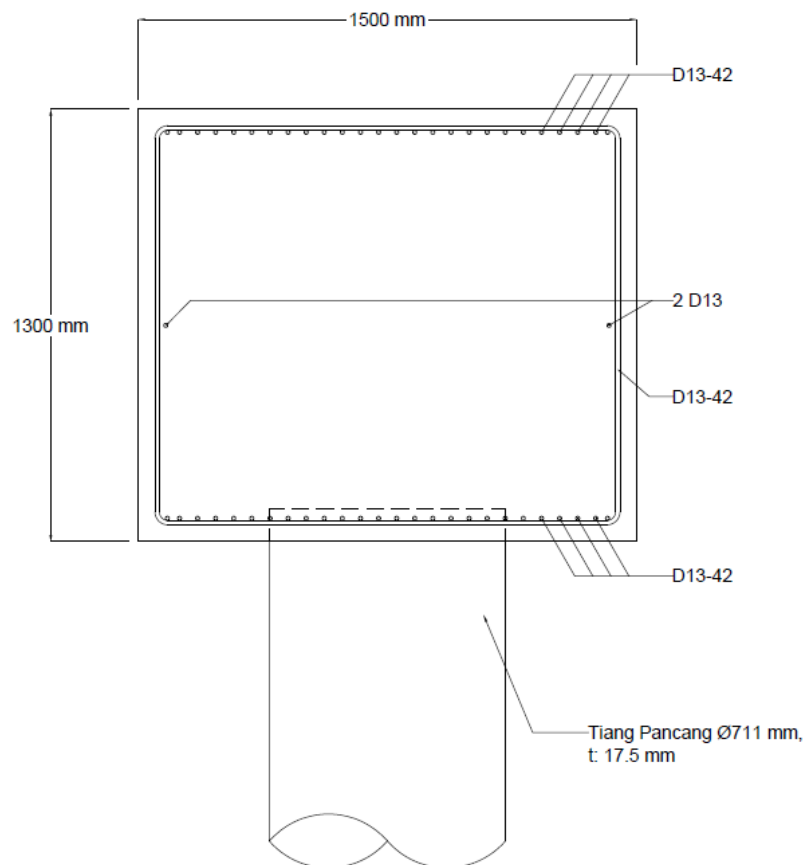
Gambar 8 Desain Penulangan Balok Melintang



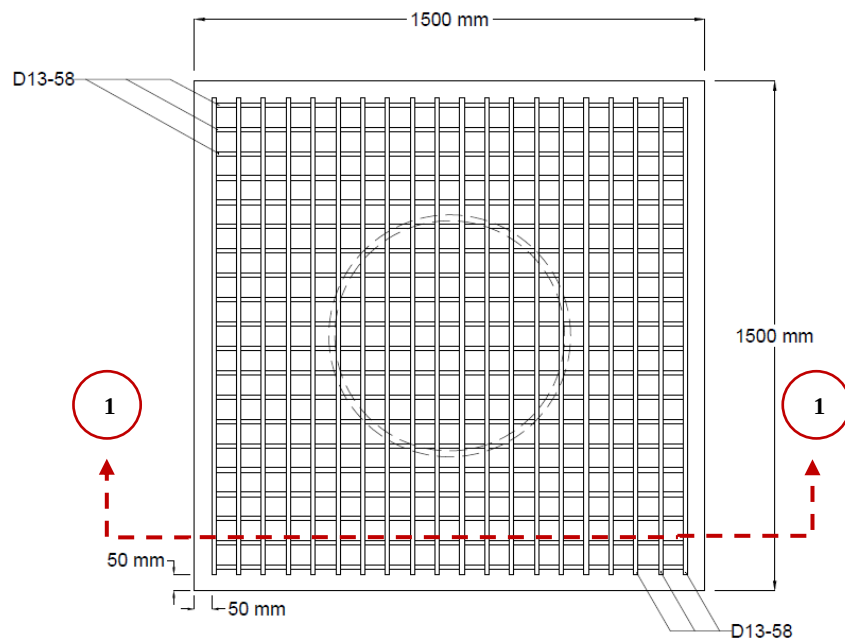
Gambar 9 Desain Penulangan Pelat



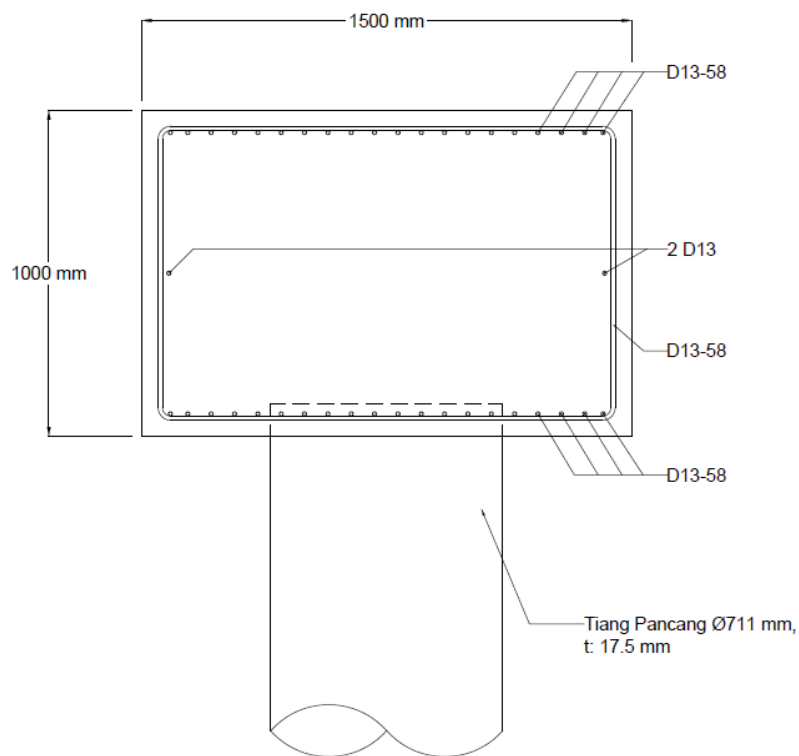
Gambar 10 Desain Penulangan *Pile Cap Crane*– Tampak Atas



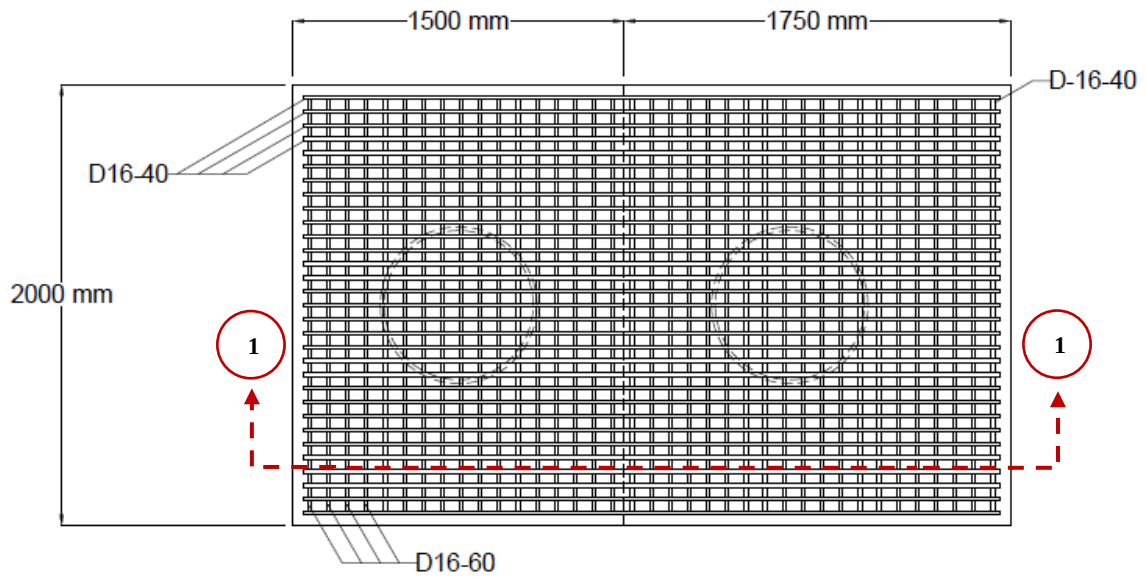
Gambar 11 Desain Penulangan *Pile Cap* – Potongan 1-1



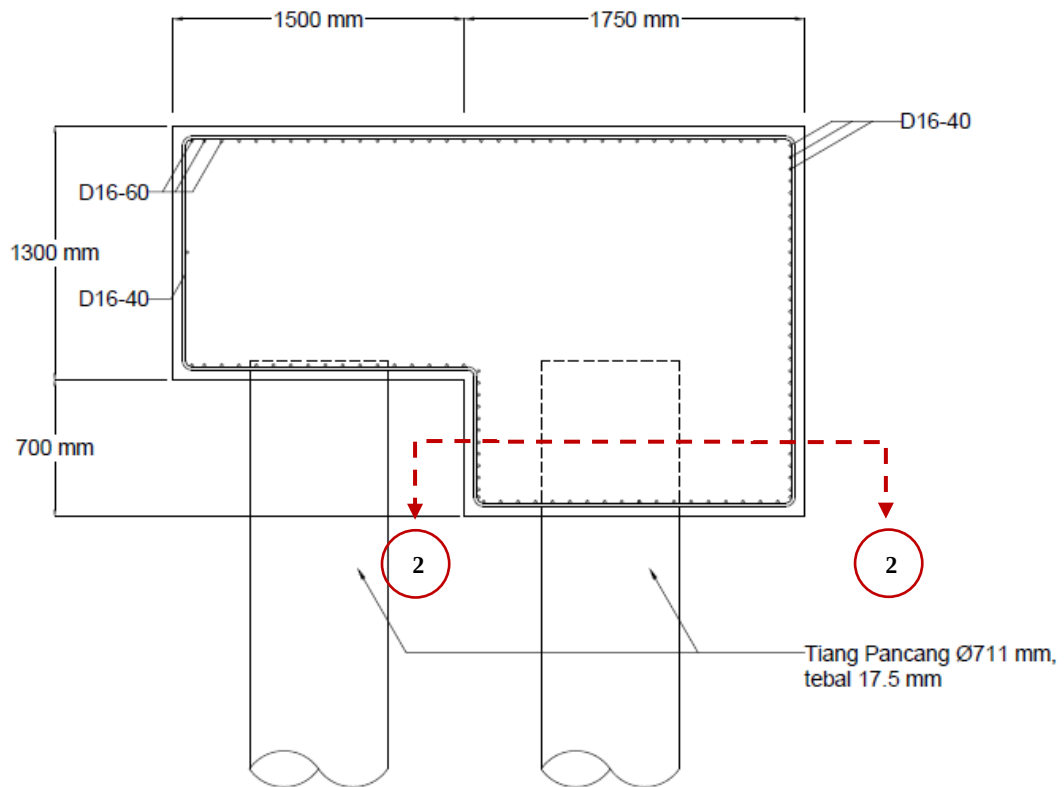
Gambar 12 Desain Penulangan *Pile Cap* Balok Biasa– Tampak Atas



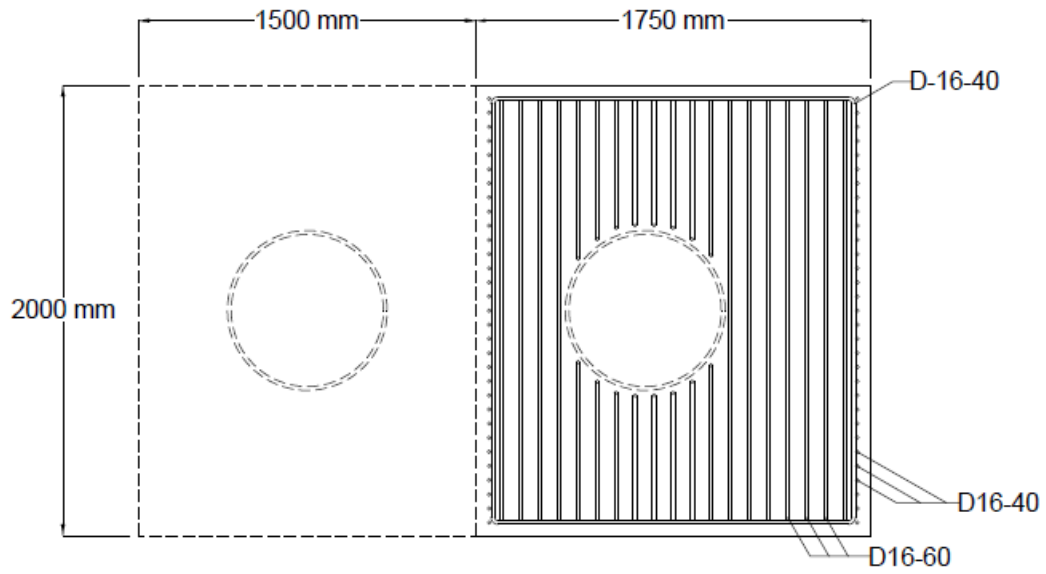
Gambar 13 Desain Penulangan *Pile Cap* Balok Biasa– Potongan 1-1



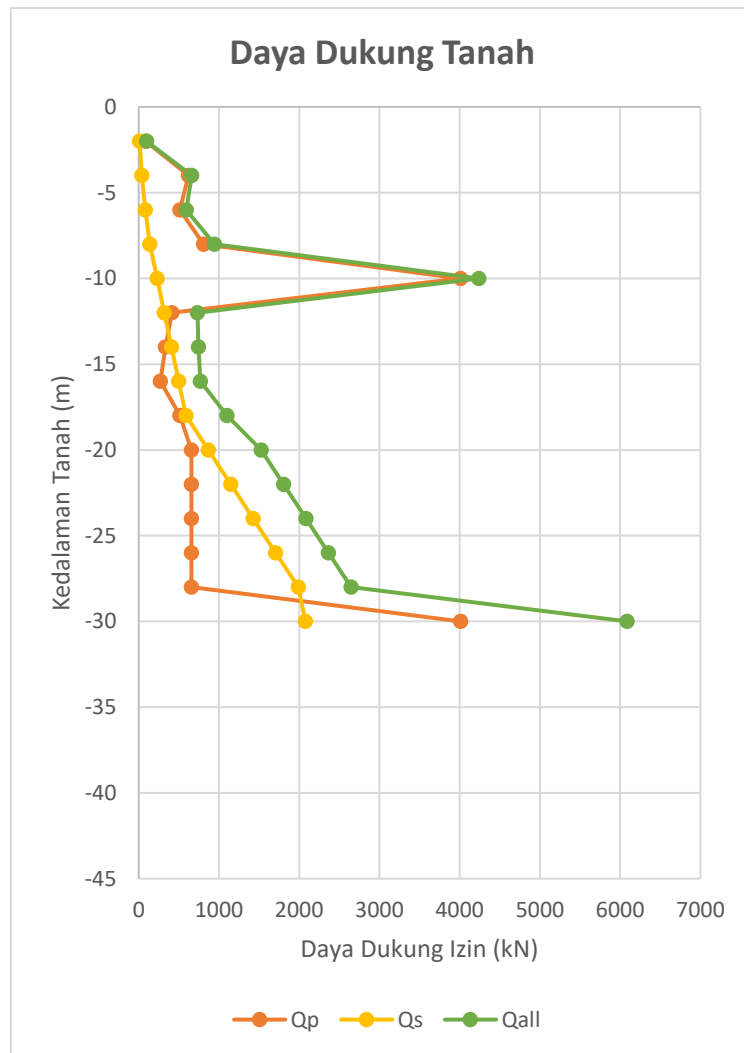
Gambar 14 Desain Penulangan *Pile Cap Fender*– Tampak Atas



Gambar 15 Desain Penulangan *Pile Cap Fender*– Potongan 1-1



Gambar 16 Desain Penulangan *Pile Cap Fender*– Potongan 2-2



Gambar 17 Daya Dukung Tanah

KESIMPULAN DAN SARAN

Dermaga rencana memiliki ukuran panjang 232 meter, lebar 40 meter, dan elevasi 15 meter dari dasar laut. Dermaga dirancang untuk melayani kapal panamax 25.000 DWT. Komponen *fender* yang digunakan adalah CSS1600 (G1.4) dari Shibata Fender Team dan *bollard* Tee 80 ton dari Trelleborg Marine Systems. Tiang pancang digunakan dari KHI dengan diameter 711 mm dan tebal 17.5 mm. Dimensi elemen balok dan pelat yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 6. Berdasarkan analisis yang dilakukan, struktur dermaga rencana mampu menahan kombinasi dari pembebanan yang bekerja pada struktur. Hal ini ditunjukkan dengan dipenuhinya kriteria-kriteria UCR dan defleksi. Pondasi tiang pancang pada dermaga rencana perlu dipancang hingga kedalaman tiga puluh meter dari dasar laut.

Terdapat beberapa hal yang dapat ditingkatkan pada penelitian-penelitian serupa yang akan dilakukan ke depannya. Pertama, penulangan perlu dirancang pada sambungan antar elemen struktur. Lalu, sebagai pelengkap, perlu juga dihitung mengenai daya dukung lateral tanah.

DAFTAR PUSTAKA

1. BSN. 2015. *SNI 1729-2015: Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
2. 3BSN. 2015. *SNI 2847-2013: Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Bertulang*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
3. The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. 2002. *Technical Standards And Commentaries For Port And Harbour Facilities in Japan*. 3rd. Tokyo: The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan.