

DESAIN STRUKTUR DERMAGA PETI KEMAS DI MAKASSAR, SULAWESI SELATAN

Mohamad Rajiv Al Baasith¹ dan Rildova²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung,

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

[¹rajiv.alba@gmail.com](mailto:rajiv.alba@gmail.com) dan [²rildova@ocean.itb.ac.id](mailto:rildova@ocean.itb.ac.id)

ABSTRAK

Pelabuhan Makassar merupakan pelabuhan utama untuk wilayah Sulawesi Selatan sekaligus pelabuhan hub untuk Indonesia bagian timur sebagaimana tertuang dalam konsep Tol Laut. Untuk mengakomodasi volume peti kemas yang naik setiap tahun dibutuhkan penambahan kapasitas peti kemas di Pelabuhan Makassar, kebutuhan ini dijawab dengan pembangunan pelabuhan baru di Makassar yang bernama *Makassar New Port*. Dermaga peti kemas *Makassar New Port* direncanakan dibangun di Makassar, Sulawesi Selatan.

Pada studi kasus tugas akhir mengenai Perancangan Struktur Dermaga Peti Kemas di Makassar, akan dibahas mengenai desain struktur dermaga dan trestel. Tugas akhir mencakup penentuan dimensi struktur dermaga dan trestel, pengolahan data lingkungan, perhitungan beban pada struktur, pemodelan struktur, desain penulangan elemen struktur, dan analisis daya dukung tanah.

Analisis struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak analisis struktur *SAP2000*. Didapatkan UCR untuk tiang pancang dermaga sebesar 0.91, sedangkan UCR untuk tiang pancang trestel sebesar 0.82. Pondasi tiang pancang dermaga dipancang hingga kedalaman lima belas meter dari dasar laut, dan pondasi tiang pancang trestel dipancang hingga kedalaman sebelas meter dari dasar laut.

Kata Kunci: Dermaga, Struktur, Desain, Peti Kemas

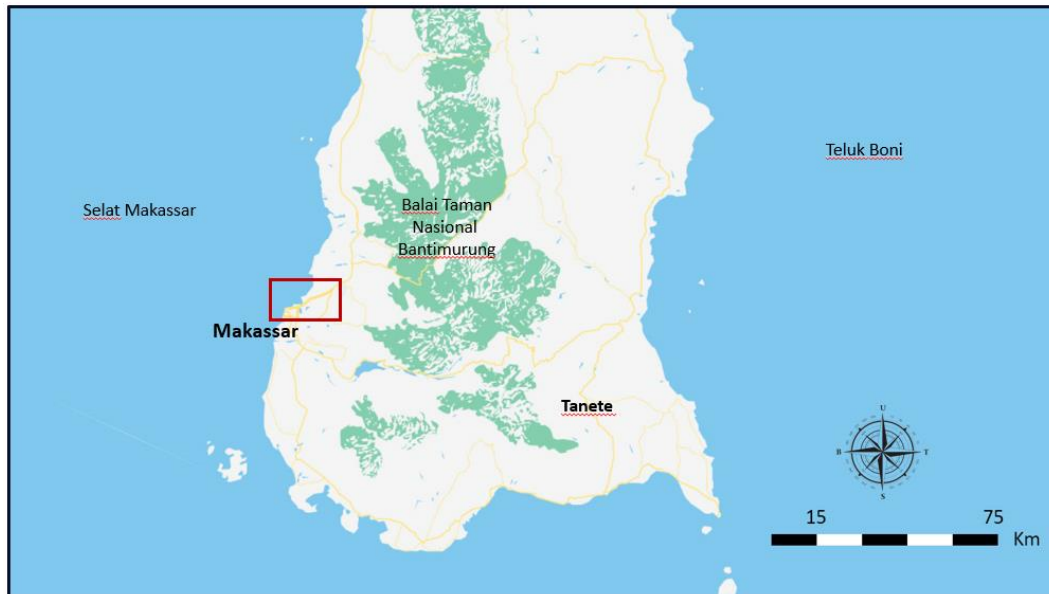
PENDAHULUAN

Menurut data Pelindo IV peningkatan volume peti kemas di Pelabuhan Makassar mencapai 500.000 TEUs pada tahun 2017 atau mengalami kenaikan sebesar 5% dari tahun sebelumnya dan menandakan kapasitas peti kemas Pelabuhan Makassar hampir mencapai batasnya yaitu 700.000 TEUs. Dengan adanya program Tol Laut diperkirakan volume peti kemas di Pelabuhan Makassar akan terus melonjak setiap tahunnya. Pertumbuhan volume peti kemas merupakan kabar baik, namun harus diimbangi dengan perbaikan infrastruktur dan penambahan kapasitas pelabuhan sehingga laju logistik dapat berjalan sesuai yang diharapkan.

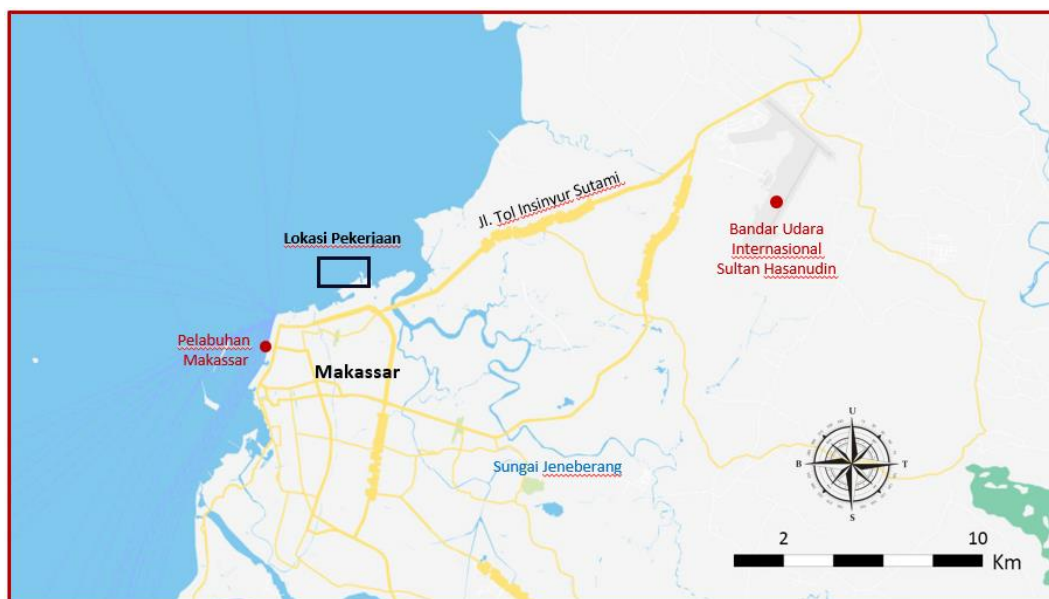
Sesuai dengan Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 92 Tahun 2013 tentang Rencana Induk Pelabuhan Makassar, Pelabuhan Makassar membuat proyek pengembangan terminal baru dengan nama Makassar New Port. Jika terminal peti kemas baru ini selesai dikerjakan, maka Pelabuhan Makassar akan memiliki tambahan kapasitas sebesar 3.5 juta TEUs sehingga total kapasitas pelabuhan menjadi 4.2 juta TEUs. Lokasi dermaga rencana ditunjukkan pada **Gambar 1 s.d Gambar 3**.



Gambar 1 Peta Lokasi dermaga pada Pulau Sulawesi



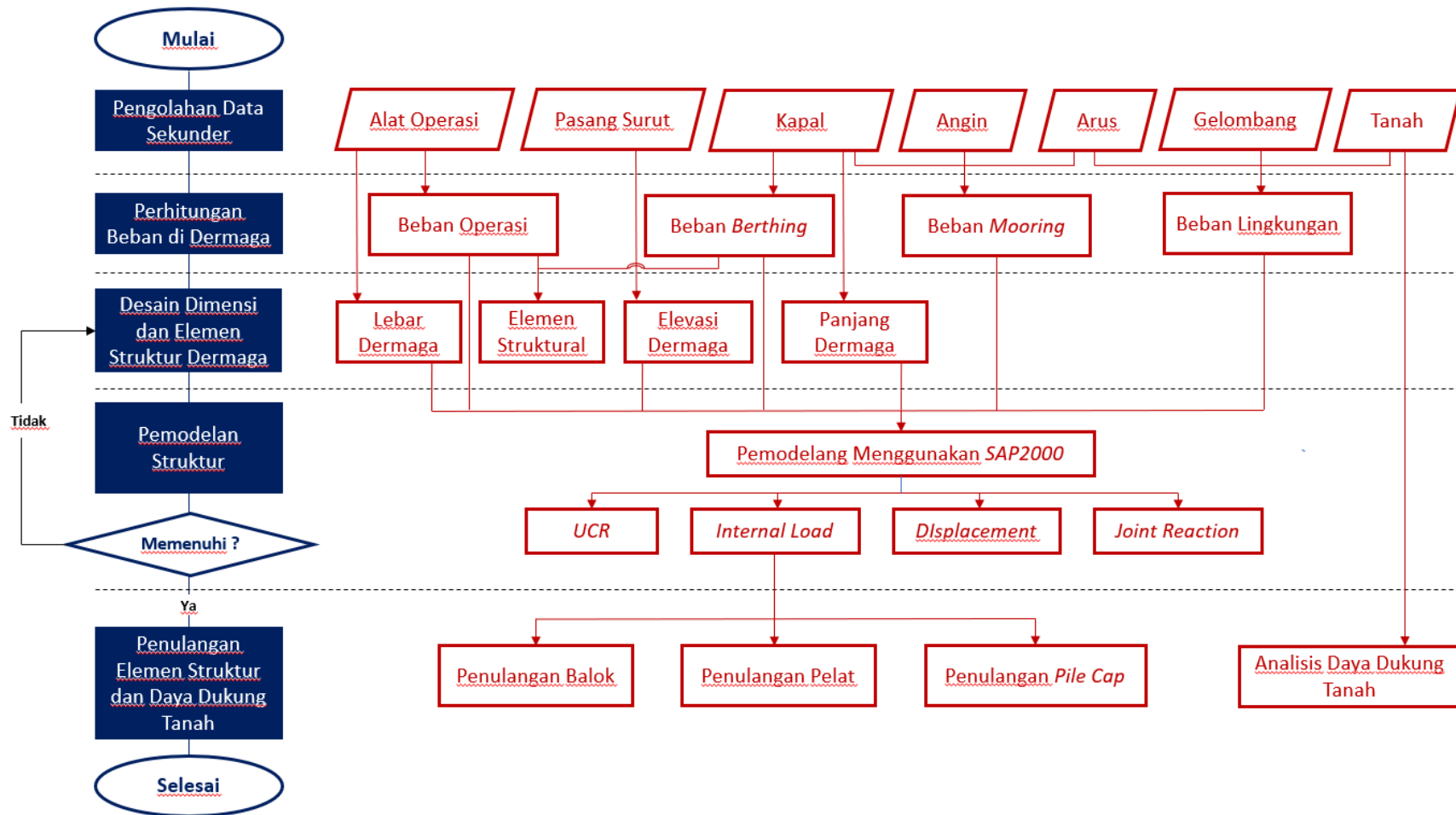
Gambar 2 Peta lokasi dermaga pada Sulawesi Selatan



Gambar 3 Peta lokasi

TEORI DAN METODOLOGI

Metodologi Tugas Akhir ini dijelaskan dalam bagan alir yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. Data yang digunakan sebagai parameter perancangan struktur adalah data sekunder meliputi data angin, pasang surut, arus, gelombang, karakteristik kapal, data alat, dan data tanah.



Gambar 4 Metodologi pengerjaan tugas akhir

Standar utama yang digunakan dalam perancangan struktur dermaga pada Tugas Akhir ini adalah *British Standard 6349*. Untuk aspek-aspek yang tidak dijelaskan secara detail pada standar utama, digunakan standar lain seperti:

- *SNI 2847 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Bangunan Gedung* untuk penulangan.
- *SNI 1725 Pembebanan untuk Jembatan* untuk beban lalu lintas.
- *SNI 1726 Perencanaan Ketahanan Gempa* untuk desain gempa.
- *SNI 1727 tentang Beban Minimum Struktur* untuk kombinasi pembebanan.
- *SNI 1729 Spesifikasi Bangunan Baja Struktural* untuk desain elemen baja.

HASIL DAN ANALISIS

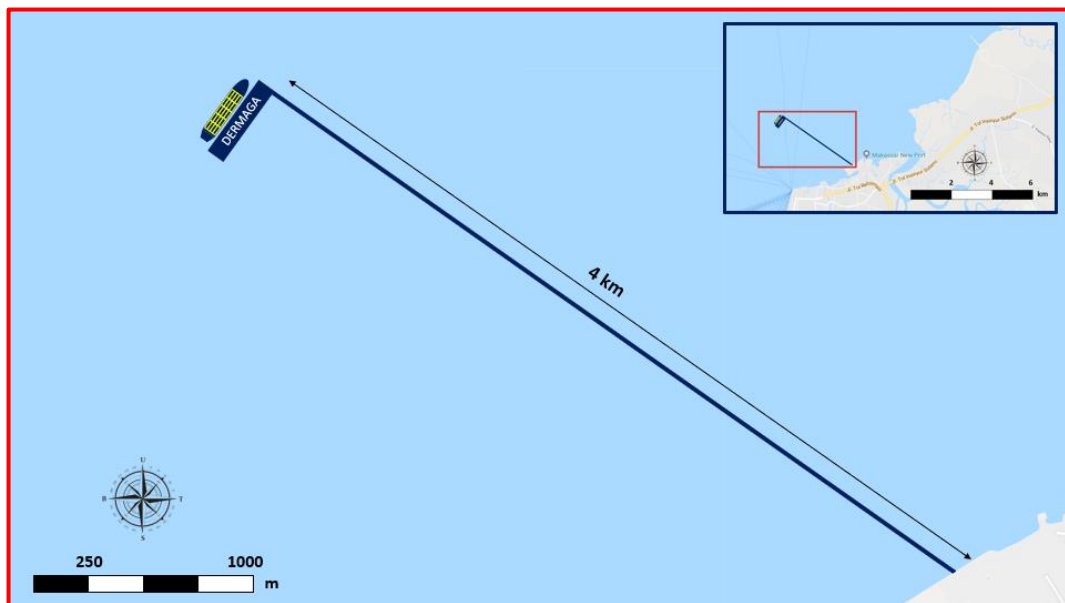
Data lingkungan berupa data angin diolah untuk mendapatkan data gelombang, lalu dilakukan analisis ekstrim untuk mendapatkan data angin dan gelombang periode ulang 50 tahun. Parameter desain struktur dermaga ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Parameter desain struktur

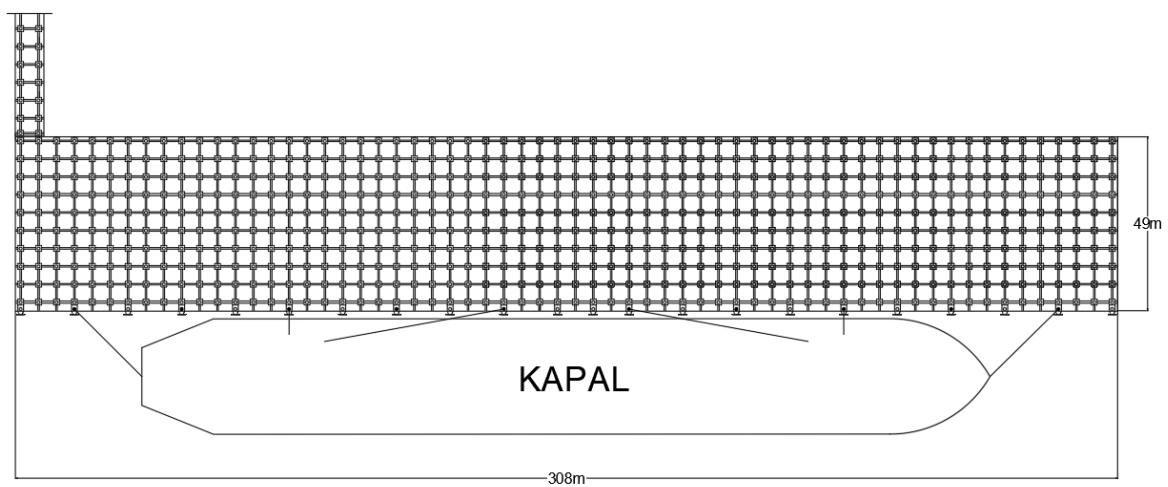
Parameter		Nilai	Satuan
Pasang surut	LWS (acuan MSL)	-0,95	m
	HWS (acuan MSL)	0,79	m
	Tunggang pasang	1,74	m
Angin	Kecepatan desain (50 tahun)	11,8	m/s
Gelombang	Tinggi gelombang desain (50 tahun)	1,72	m
	Periode	4,4	s
Arus	Kecepatan desain (model)	1,25 m/s	m/s
Kapal	DWT (max)	40000	t
	L _{OA} (max)	237	m
	Draft (max)	11,7	m
	Beam (max)	32,2	m
Beban Alat dan Operasional	Crane	441,5	kN/m
	Tumpukan Peti kemas	35	kN/m ²

Dermaga peti kemas memiliki panjang 308 m, lebar 48,5 m, elevasi 3 m diatas LLWL, dengan kedalaman perairan 14 m. Trestel memiliki panjang 4000 m dan lebar 8 m, elevasi 3 m diatas

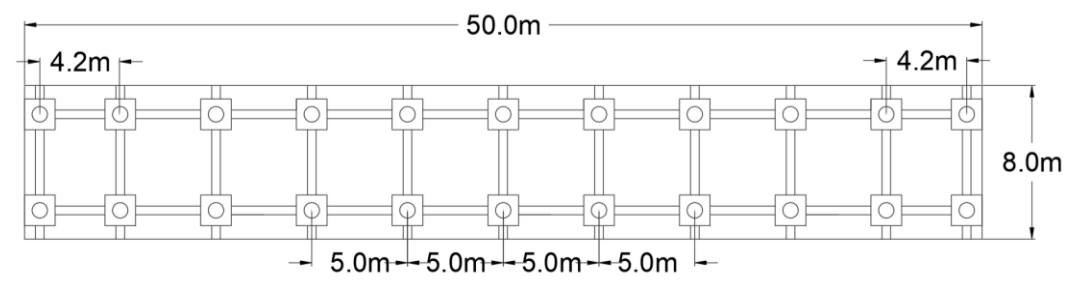
LLWL. Trestel dibuat per modul, dengan panjang modul 50 m dan dilatasi antar modul sebesar 0,2 m. Layout keseluruhan dermaga dan trestel ditunjukkan pada **Gambar 5** s.d **Gambar 9**.



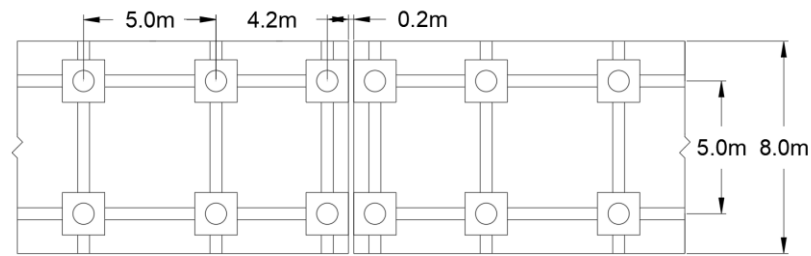
Gambar 5 Gambar tampak rancangan struktur dermaga



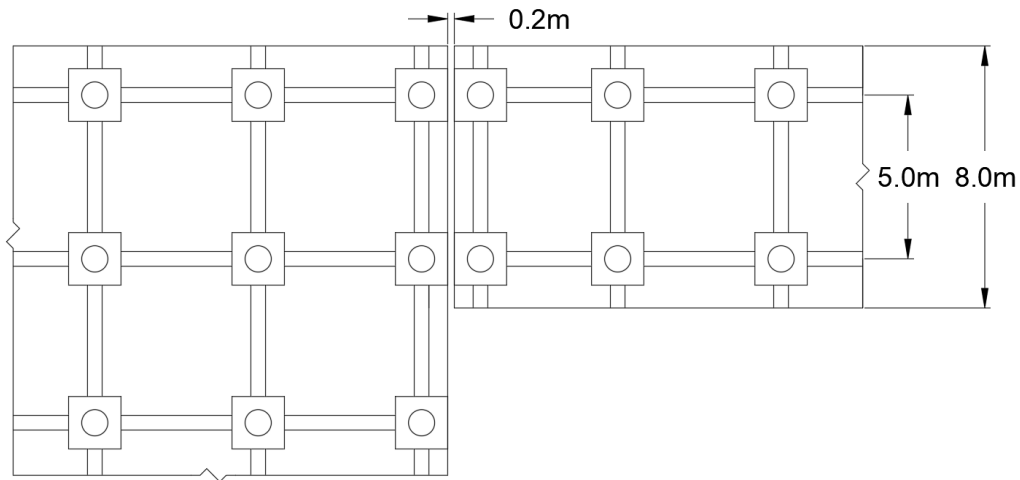
Gambar 6 Layout dermaga



Gambar 7 Layout trestel



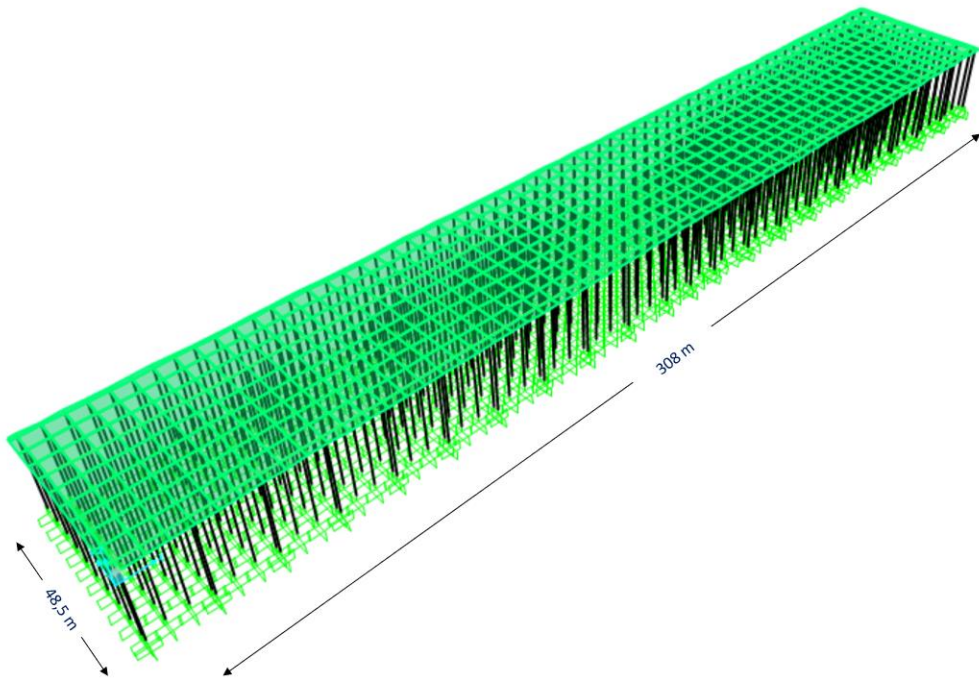
Gambar 8 Detail dilatasi antar modul



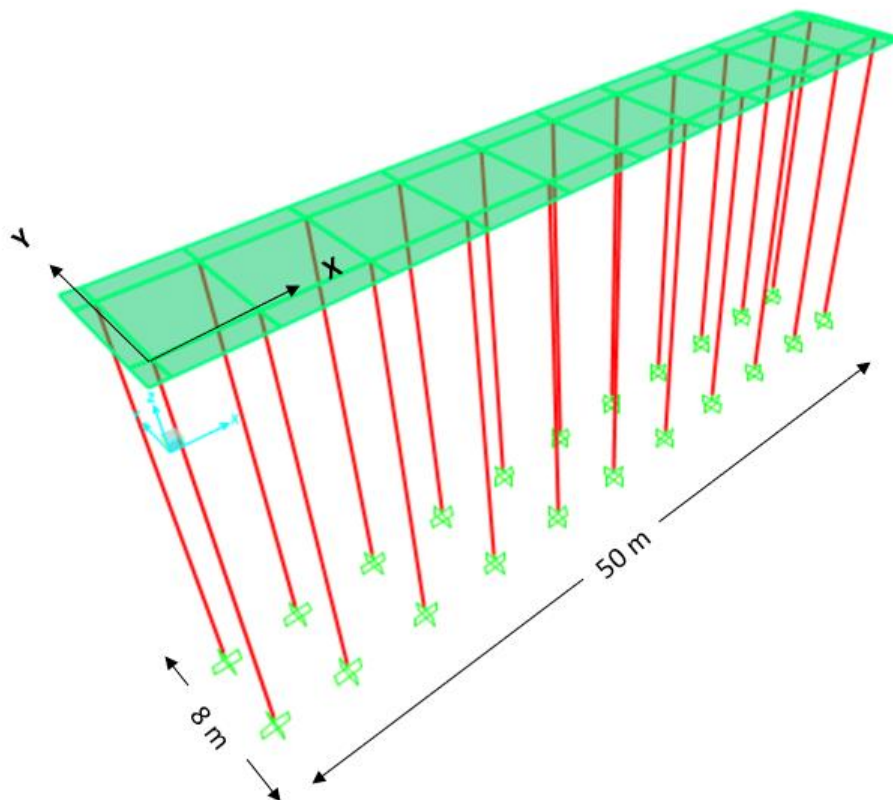
Gambar 9 Detail dilatasi trestel dan dermaga

Dimensi elemen struktural ditentukan dengan melakukan *preliminary design*, yaitu perkiraan ukuran penampang berdasarkan kapasitas momen yang diperlukan (tiang pancang, balok dan pelat), dan kebutuhan tinggi *pile cap* berdasarkan kegagalan *punching shear* (pelat dermaga).

Komponen dermaga yang digunakan yaitu fender *SCN 1600 E0.9* ($E = 1382 \text{ kN-m}$ dan $R = 1670 \text{ kN}$) dan *T-head* bollard 100 ton. Beban-beban yang bekerja, meliputi beban tambat, beban berlabuh, beban operasional, dan beban lingkungan, dimasukkan kedalam pemodelan untuk pemeriksaan kehandalan struktural awal. Geometri model struktural dermaga dan trestle ditunjukkan pada **Gambar 10** dan **Gambar 11**.



Gambar 10 Geometri struktur dermaga pada model



Gambar 11 Geometri struktur trestle pada model

Hasil dari pemodelan setelah optimasi terhadap batas parameter izin untuk struktur dermaga ditunjukkan pada **Tabel 2** s.d. **Tabel 4**.

Tabel 2. *Displacement* tiang pancang dermaga

Frame	COMBO	Displacement (m)		Izin (m)	Keterangan
A	SLS7.7	U1	0,069	0,074	OK
	SLS2.10	U2	0,066		OK
B	SLS7.1	U1	0,069		OK
	SLS7.4	U2	0,063		OK
C	SLS7.1	U1	0,071		OK
	SLS7.4	U2	0,063		OK
D	SLS7.3	U1	0,071		OK
	SLS7.4	U2	0,063		OK

Tabel 3. Defleksi balok dermaga

Tipe Balok	Joint	COMBO	Defleksi (m)	Izin (m)	Keterangan
Balok - 1	2016	SLS6.2	-0,0080	-0,0250	OK
Balok - 2L	2233	SLS2.7	-0,0030		OK
Balok - 2T	139	SLS6.6	-0,0070		OK

Tabel 4. Nilai *UCR* tiang pancang dermaga

Frame	COMBO	UCR
A	ULS6.2	0,65
B	ULS6.5	0,91
C	ULS6.5	0,54
D	ULS6.5	0,83

Hasil dari pemodelan setelah optimasi terhadap batas parameter izin untuk struktur trestel ditunjukkan pada **Tabel 5** s.d. **Tabel 7**.

Tabel 5 *Displacement* tiang pancang trestel

Elemen	COMBO	Displacement (m)		Izin (m)	Keterangan
13	SLS7.1	U1	-0,101	0,111	OK
	SLS7.2	U2	-0,107		OK
11	SLS7.1	U1	-0,101		OK
	SLS7.2	U2	-0,106		OK

Tabel 6 Defleksi balok trestel

Tipe Balok	Joint	COMBO	Defleksi (m)	Izin (m)	Keterangan
Balok - 1	157	SLS2.1	-0,0037	-0,0104	OK
Kantilever	63	SLS6.2	-0,0030	-0,0031	OK

Tabel 7 UCR tiang pancang trestel

Frame	COMBO	UCR
6	ULS6.2	0,82
17	ULS6.2	0,82
5	ULS6.2	0,77
7	ULS6.2	0,77

Dari **Tabel 4** dan **Tabel 7**, keluaran UCR menunjukkan nilai di rentang 0.8 – 1, ini menandakan tiang pancang sudah optimal. Dari **Tabel 2** s.d. **Tabel 7** dapat diketahui bahwa struktur memenuhi syarat izin yang diatur sesuai standar yang digunakan.

Perhitungan penulangan beton berdasarkan gaya dalam ultimit yang terjadi. Penulangan meliputi penulangan lentur dan penulangan geser untuk masing-masing elemen beton yaitu balok, pelat, dan *pile cap*. Struktur pelat dianalisis kemampuannya terhadap kegagalan *punching shear*.

Desain penulangan elemen beton untuk struktur dermaga dan trestel disajikan pada **Tabel 8** dan **Tabel 10**.

Tabel 8 Desain tulangan elemen balok

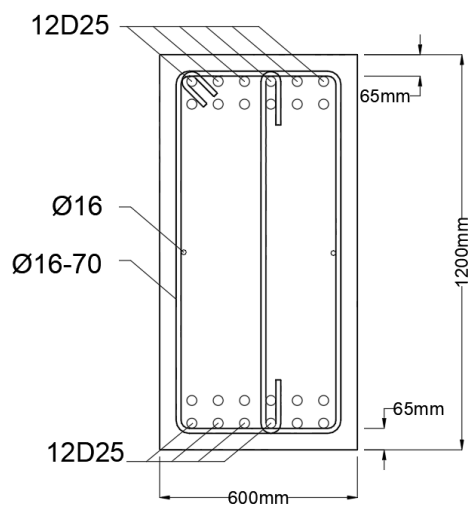
Balok	Dimensi (tinggi x lebar, mm)	Tulangan Atas	Tulangan Bawah	Tulangan kulit (tiap sisi)	Tulangan Sengkang	Gambar Potongan
<i>Dermaga</i>						
Balok-1	1200 x 600	12D25	12D25	1Ø16	Ø16-70	Gambar 12
Balok-2 Lon.	900 x 450	6D22	5D22	1Ø8	Ø8-180	Gambar 13
Balok-3 Tran.	900 x 450	7D22	10D22	1Ø10	Ø10-160	Gambar 14
<i>Trestel</i>						
Balok	900 x 450	4D22	4D22	-	Ø10-60	Gambar 15

Tabel 9 Desain tulangan elemen pelat

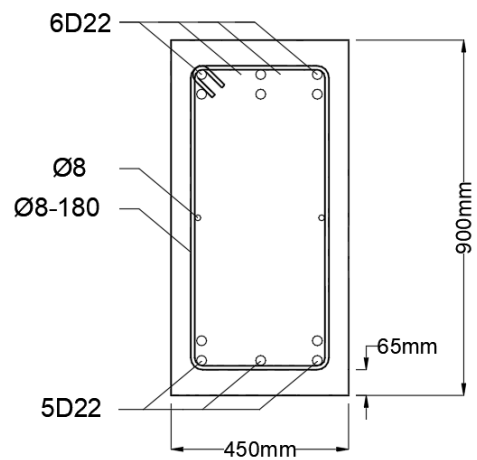
Tebal (mm)	Tulangan atas (arah x)	Tulangan atas (arah y)	Tulangan bawah (arah x)	Tulangan bawah (arah y)	Gambar potongan
<i>Dermaga</i>					
250	D13-120	D13-120	D13-120	D13-120	Gambar 16
<i>Trestel</i>					
200	D13-120	D13-120	D13-120	D13-120	Gambar 17

Tabel 10 Desain tulangan elemen *pile cap*

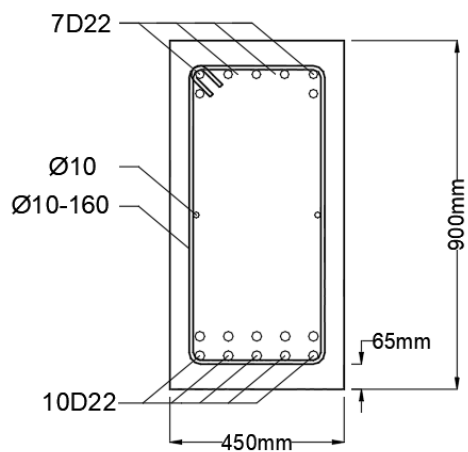
Pile Cap	Dimensi (panjang x lebar x tinggi)	Tulangan susut (arah x)	Tulangan susut (arah y)	Gambar
<i>Dermaga</i>				
Tipe – 1	1400 x 1600 x 1600	D16-60	D16-60	Gambar 18 & Gambar 19
Tipe – 2	1200 x 1600 x 1600	D16-75	D16-75	Gambar 20 & Gambar 21
Tipe – 3	3200 x 2600 x 3200	D22-110	D22-85	Gambar 22 & Gambar 23
<i>Trestel</i>				
Tipe – 1	1200 x 1200 x 1200	D16-82	D16-82	Gambar 24



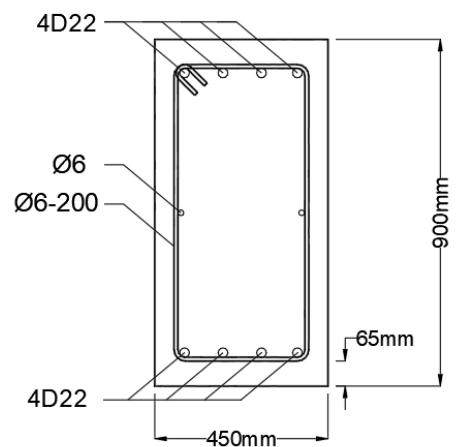
Gambar 12 Sketsa penulangan balok – 1



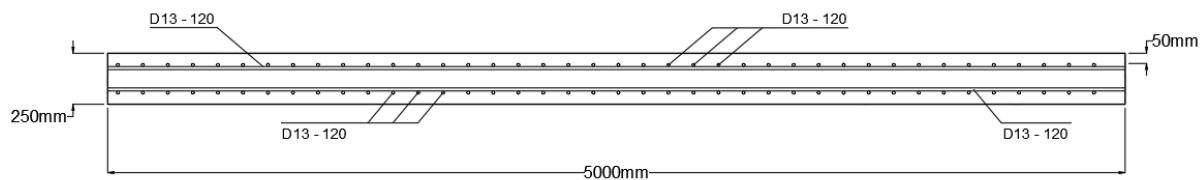
Gambar 13 Sketsa penulangan balok – 2 long.



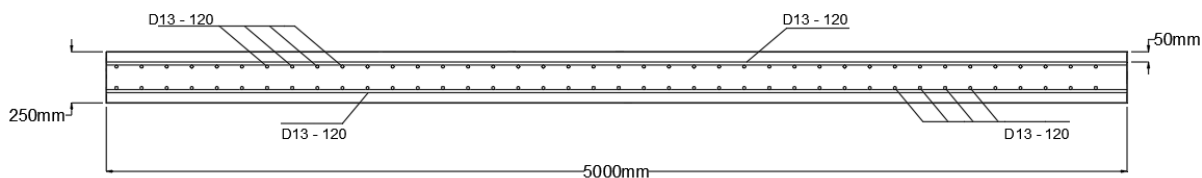
Gambar 14 Sketsa penulangan balok – 2 tran.



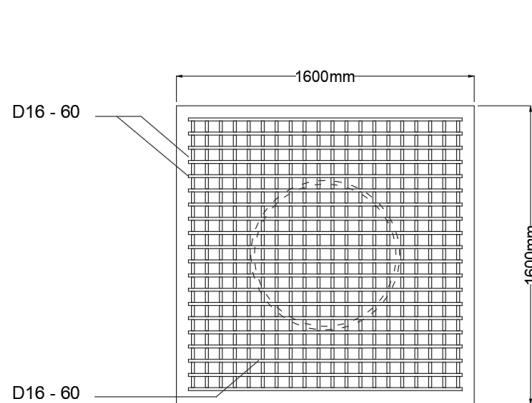
Gambar 15 Sketsa penulangan balok – trestel



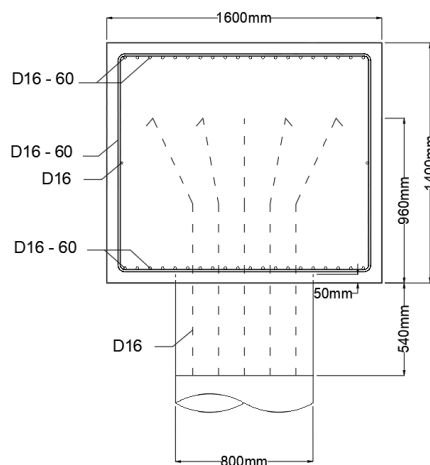
Gambar 16 Sketsa penulangan pelat – dermaga



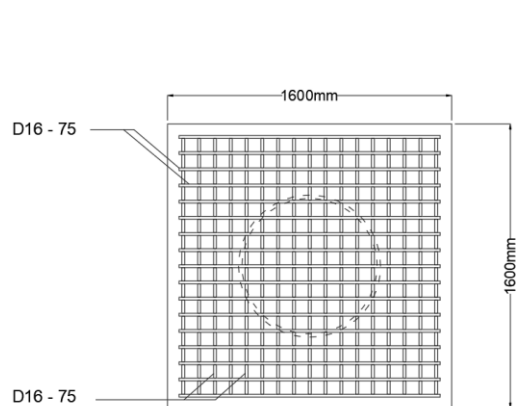
Gambar 17 Sketsa penulangan pelat – trestel



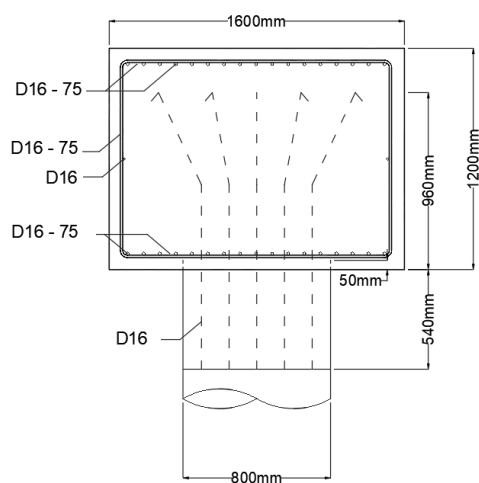
Gambar 18 Sketsa penulangan *pile cap* – 1



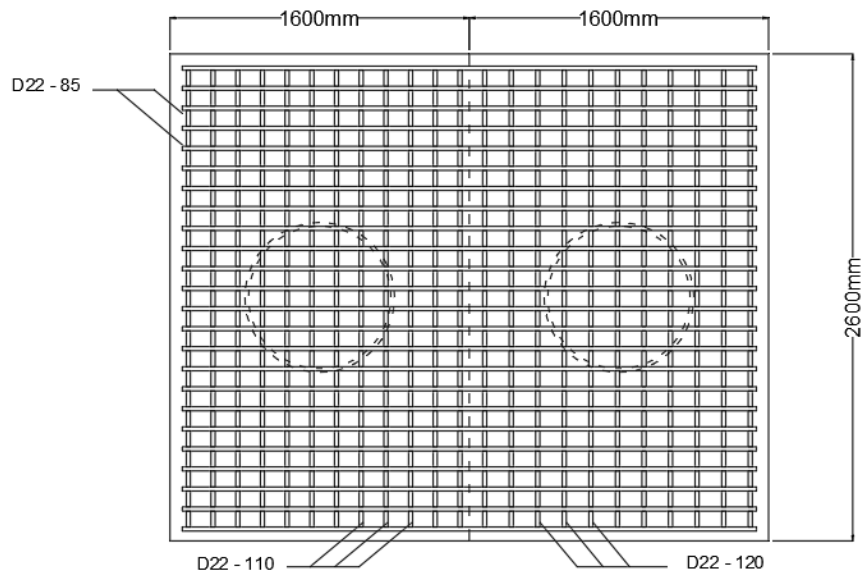
Gambar 19 Tampak samping *pile cap* – 1



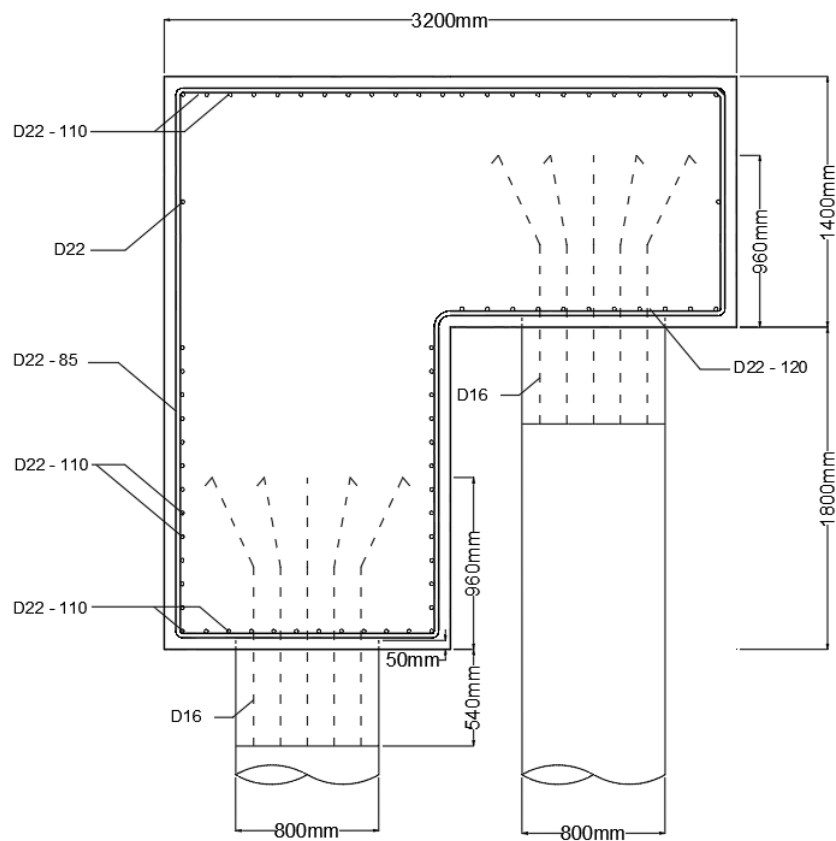
Gambar 20 Sketsa penulangan *pile cap* – 2



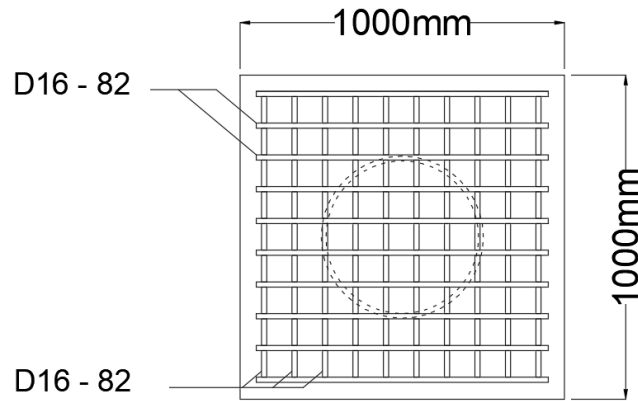
Gambar 21 Tampak samping *pile cap* – 2



Gambar 22 Sketsa penulangan *pile cap* – 3



Gambar 23 Tampak samping *pile cap* – 3



Gambar 24 Sketsa penulangan *pile cap* – trestel

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dermaga rencana memiliki ukuran 308 meter, lebar 48,5 meter, elevasi 3 meter dari LLWS dan kedalaman 14 meter. Dermaga dirancang untuk melayani kapal panamax 40000 DWT. Trestel dibuat per modul, dengan panjang modul 50 m dan dilatasi antar modul sebesar 0.2 m. Komponen fender yang digunakan *SCN 1600 E0.9* (Fentek Marine System) dan *bollard Tee* 100 ton (Trellerborg Marine System). Berdasarkan hasil analisis, struktur dermaga mampu menahan kombinasi beban yang diberikan, dilihat dari kriteria *UCR* dan defleksi.

Berdasarkan reaksi yang dihasilkan pada tiang pancang, kedalaman rencana pemancangan yaitu 15 m dari dasar laut (tiang pancang dermaga) dan 12 m dari dasar laut (tiang pancang trestel).

Saran

Saran dalam pengerjaan tugas akhir perancangan struktur dermaga yaitu sebagai berikut:

1. Pada kenyataannya dalam mendesain tulangan harus memperhatikan metoda konstruksi dari proses pemasangan, precast atau in-situ, serta sambungan beton dan tulangan. Oleh karena itu, metoda konstruksi perlu dipertimbangkan dalam desain.
2. Selain analisis daya dukung tanah vertikal, perhitungan daya dukung tanah lateral sebaiknya juga dihitung.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2016. *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 1726:2012 Perancangan Bangunan Tahan Gempa*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *SNI 1729:2015 Spesifikasi Bangunan Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Das, Braja M. 2011. *Principles of Foundation Engineering*. Stamford: CENGAGE Learning.
- Fentek Marine System GmbH. 2010. "Fentek Marine Fendering System." *Rigmarine*. <https://www.rigmarine.com/downloads/marine/Fentek-catalogue.pdf>.
- Imran, Iswandi dan Ediansjah Zulkifli. 2014. *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang 1971. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- The Overseas Coastal Area Development Institute. 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Tokyo: OCDE.
- Thoresen, Carl A. 2014. *Port Designers Handbook*. London: ICE Publishing.
- Triatmodjo, Bambang. 2010. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- US Army Corps of Engineer. 1984. *Shore Protection Manual*. Washington D.C.: US Army Corps of Engineer.