

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA CURAH CAIR ALKYL BENZENE TIPE DOLPHIN DENGAN KONSTRUKSI BETON PRACETAK DI MERAK, BANTEN

Naufal Rizqur Rahman¹ dan Sri Murti Adiyastuti²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha 10, Bandung, 40132

¹risquri@gmail.com dan ²adiyastuti@ocean.itb.ac.id

Kata Kunci: Desain, Struktur, Permodelan, Alkylbenzene,

ABSTRAK

PT. Unggul Indah Cahaya Tbk (UIC) adalah produsen tunggal Alkylbenzene (AB), salah satu bahan baku utama deterjen di Indonesia. Dalam industri ini, UIC merupakan perusahaan dengan kapasitas produksi terpasang terbesar dalam satu lokasi di kawasan Asia Pasifik. Meningkatnya permintaan atas Alkylbenzene, membuat UIC berencana untuk membangun dermaga dengan kapasitas sebesar 50 ribu ton yang akan dibangun di pabrik milik perseroan yang terletak di Merak, Banten.

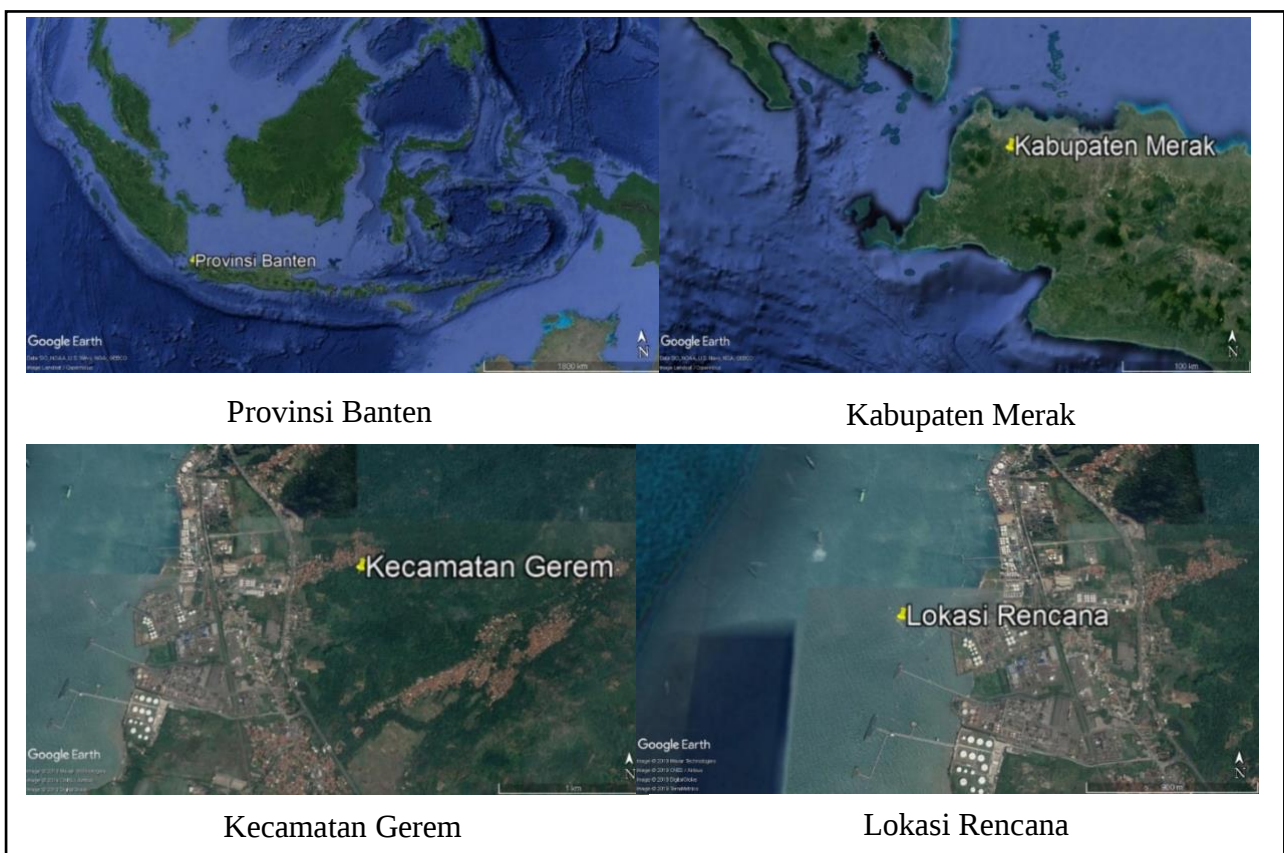
Pada studi kasus tugas akhir ini, akan dibahas mengenai desain struktur dermaga dolphin dan trestel berdasarkan kriteria desain yang digunakan sebagai syarat perencanaan struktur dengan mempertimbangkan kondisi eksisting pada lokasi studi. Tugas akhir mencakup penentuan dimensi dermaga dolphin dan trestel, pengolahan data lingkungan, perhitungan beban pada dermaga dan trestel, pemodelan struktur, desain penulangan struktur, analisis konstruksi beton pracetak dan perhitungan daya dukung tanah.

Pemodelan struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak analisis struktur untuk mengetahui kehandalan struktur rencana terhadap beban yang bekerja. Hasil dari pemodelan berupa *unity check ratio* (UCR), defleksi struktur, gaya dalam balok dan pelat, serta reaksi perletakan. Perancangan dilakukan untuk mendapatkan desain struktur yang handal dan optimal, dilakukan dengan pemeriksaan nilai UCR sebagai acuan yang bernilai harus diantara 0,8 dan 1,0, pemeriksaan nilai rasio tulangan yang dibutuhkan untuk menentukan luas penampang optimal, penentuan dimensi komponen beton pracetak yang akan digunakan agar mampu dilakukan proses konstruksi yang optimal, dan pemeriksaan nilai defleksi sebagai aspek kemampuan layanan struktur dengan nilai harus dibawah batas izin.

Hasil dari Tugas Akhir meliputi rancangan dermaga dan trestel meliputi dimensi struktur dan dimensi elemen struktural dermaga dan trestel, detail penulangan berdasarkan gaya dalam yang bekerja, dimensi beton pracetak yang digunakan, analisis kekuatan beton pracetak saat dilakukan proses konstruksi seperti pengangkatan dan instalasi serta kedalaman rencana pemancangan yang mampu menahan reaksi struktur berdasarkan data geoteknik yang tersedia.

PENDAHULUAN

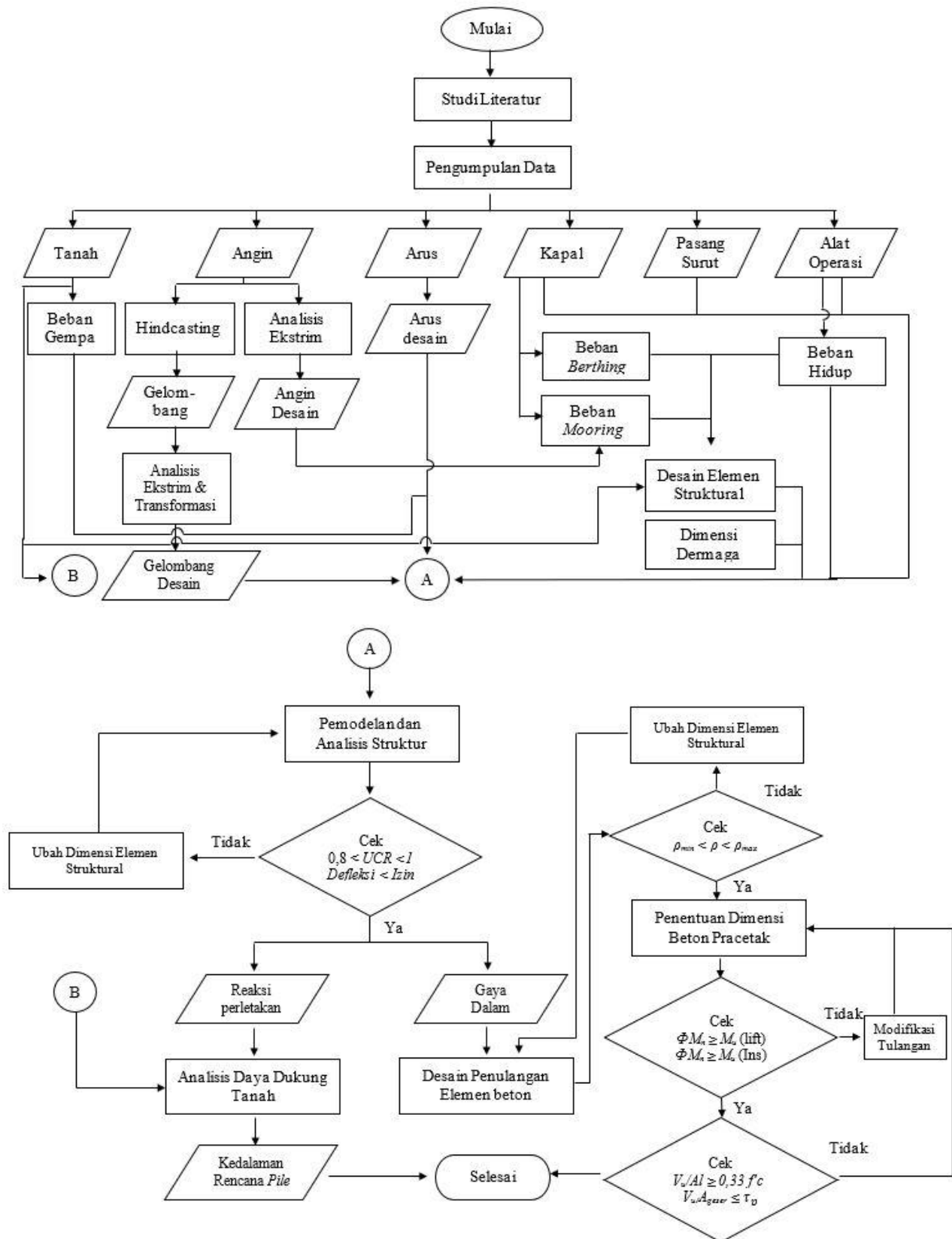
PT. Unggul Indah Cahaya (UIC) berdiri pada tahun 1983 dan mulai beroperasi secara komersial sejak November 1985. Produk utama UIC adalah Alkylbenzene (AB) yaitu satu bahan baku utama deterjen. UIC adalah produsen tunggal AB di Indonesia dan memproduksi dua jenis AB, yaitu Linear Alkylbenzene (LAB) dan Branched Alkylbenzene (BAB), dengan produk sampingan Heavy Alkylate (HA) dan Light Alkylate (LA). UIC berencana memperbesar kapasitas penerimaan bahan kimia yang akan diolah menjadi bahan baku deterjen dari 25.000 *Death Weight Ton* (DWT) menjadi 50.000 DWT. Oleh sebab itu, direncanakan pembangunan dermaga baru yang berlokasi di Merak, Banten. Lokasi rencana dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi rencana dermaga
Sumber: Google Maps, 2019

TEORI DAN METODOLOGI

Metodologi Tugas Akhir ini dijelaskan dalam bagan alir pada Gambar 2 dengan standar perencanaan struktur dermaga curah cair pada Tugas Akhir ini adalah *British Standard 6349* dan SNI 2847, 1726, 1729.



Gambar 2 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Data yang digunakan sebagai parameter perencanaan struktur adalah data pasang surut, angin, arus, tanah, karakteristik kapal, peralatan operasional dermaga yang ditunjukkan pada Tabel 1. Selain berat sendiri struktur, terdapat beban peralatan dan operasional yang bekerja pada dermaga *alkylbenzene* ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1 Parameter desain struktur dermaga

Parameter		Nilai	Satuan
Pasang surut	LWS	0	m
	HWS (acuan LWS)	1,01	m
	Tunggang pasang	1,01	m
Angin	Kecepatan desain (50 tahun)	10,75	m/s
Gelombang	Tinggi gelombang desain (50 tahun)	1,64	m
	Periode	4,3	s
Arus	Kecepatan maksimum	0,75	m/s
Kapal	<i>DWT (max)</i>	50.000	
	<i>LoA (max)</i>	230	m
	<i>Draft (max)</i>	12	m
	<i>Beam (max)</i>	31,8	m

Data Tanah						
------------	--	--	--	--	--	--

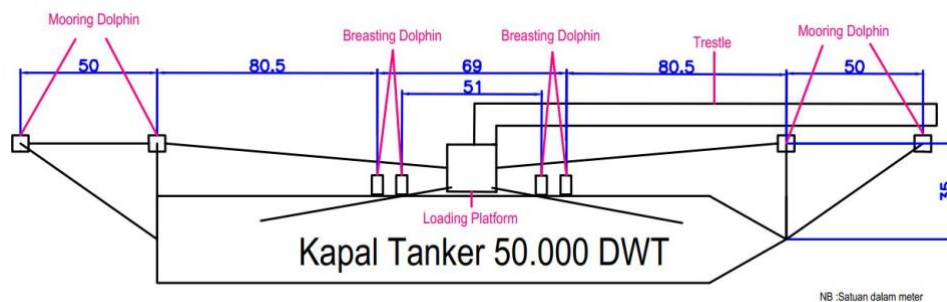
Kedalaman (m)	N-SPT	Kedalaman (m)	N-SPT	Kedalaman (m)	N-SPT	Profil tanah
1	1	16	60	1-2	1	<i>Silt Clay</i>
2	1	17	60	2-6	13-53	<i>Sand</i>
3	13	18	60			
4	29	19	60	6-13	54-60	<i>Sand</i>
5	40	20	60	13-16	60	<i>Sand</i>
6	53	21	60	16-25	60	<i>Sand</i>
7	60	22	60	25-35	60	<i>Sand</i>
8	60	23	60			
9	60	24	60			
10	60	25	60			
11	60	26	60			
12	60	27	60			
13	60	28	60			
14	60	29	60			
15	60	30	60			

Tabel 2 Beban peralatan dan operasional dermaga

Struktur	<i>Loading Platform</i>	<i>Breasting Dolphin</i>	<i>Mooring Dolphin</i>	<i>Trestle</i>
Beban	Sistem perpipaan	Sistem <i>fender</i>	<i>Bollard</i>	Sistem perpipaan
	Hidup tipikal	Berlabuh	Tambat	Hidup tipikal
	<i>Loading arm</i>	Manusia	Manusia	
	<i>Bollard</i>			
	Tambat			

HASIL DAN ANALISIS

Dermaga direncanakan terdiri dari 4 struktur yaitu *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, dan *trestle*. *Loading platform* berukuran $(18 \times 17,5) \text{ m}^2$, *Breasting dolphin* berukuran $(4 \times 7) \text{ m}^2$, *mooring dolphin* berukuran $(6 \times 6) \text{ m}^2$, dan *trestle* direncanakan memiliki lebar 8 m sepanjang 446 m yang dibagi menjadi 4 modul berukuran 111,5 meter. Elevasi dermaga direncanakan sebesar 2,1 m di atas LWS. Layout dermaga rencana ditunjukkan pada Gambar 3.



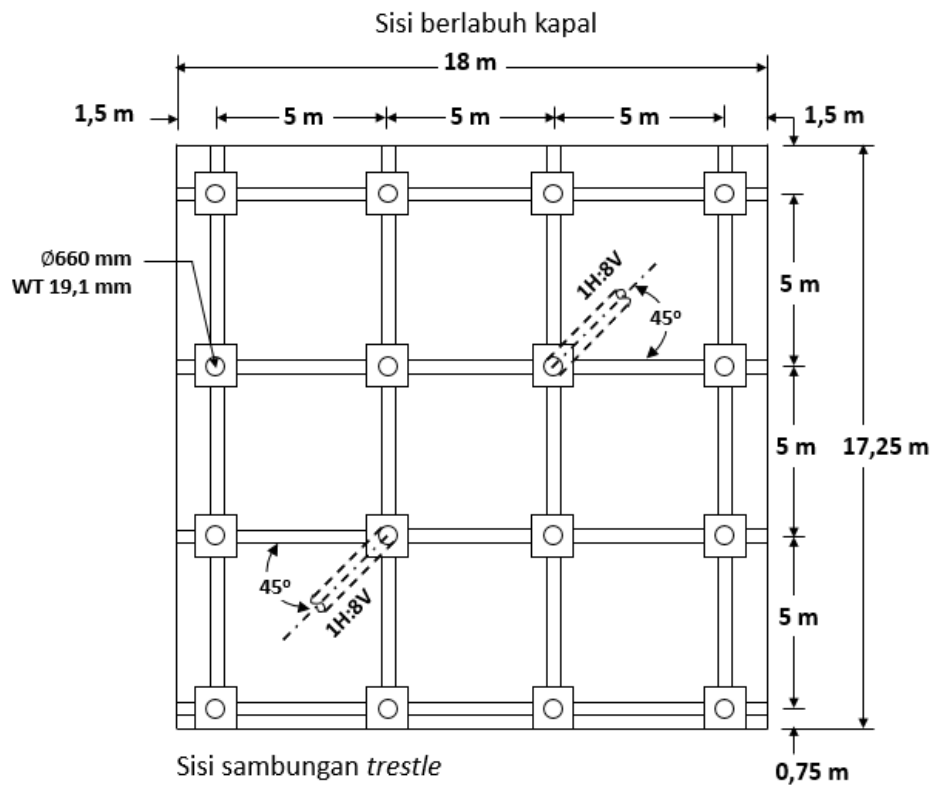
Gambar 3 Layout rencana dermaga

Kombinasi beban pada pemodelan dermaga mengacu pada *ASCE 7-10*. Pada tiang pancang, proses iterasi dilakukan ketika nilai *UCR* dan defleksi tidak memenuhi kriteria, yaitu dengan mengubah dimensi tiang pancang. Pada balok, apabila rasio tulangan yang dibutuhkan lebih kecil dari rasio

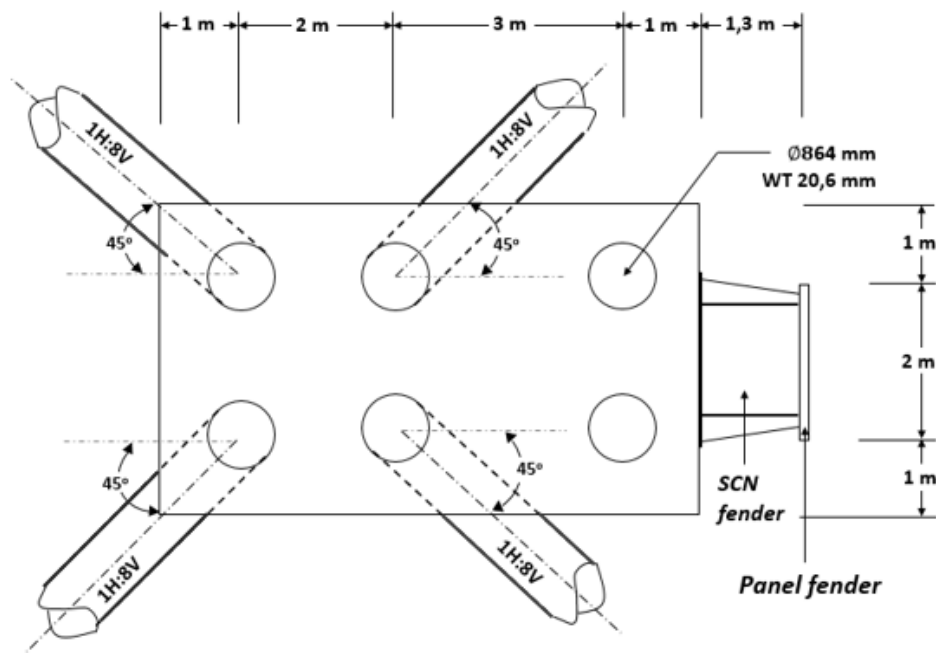
tulangan minimum maka dilakukan perubahan dimensi balok. Dimensi elemen struktural dermaga dan tampak atas struktur optimasi ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 4 hingga Gambar 7.

Tabel 3 Dimensi elemen struktural dermaga

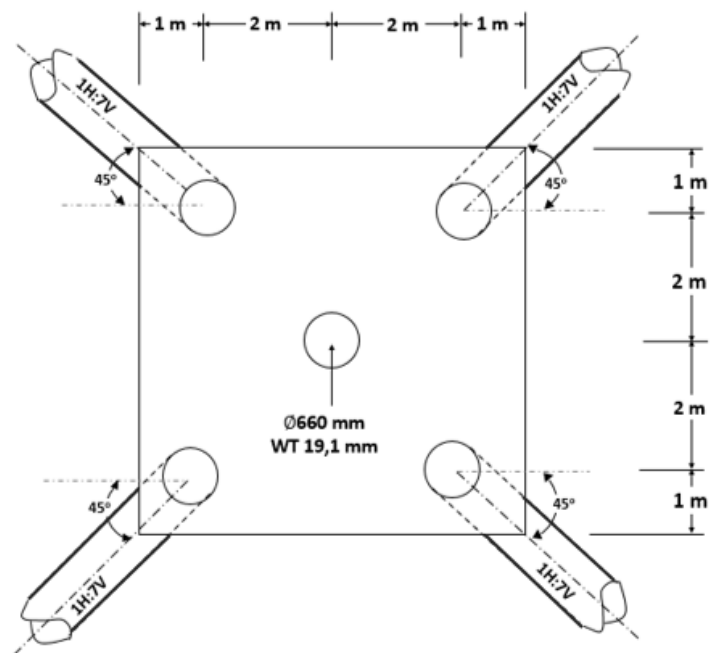
Elemen	Parameter	Nilai dimensi elemen struktural (mm)			
		<i>Loading Platform</i>	<i>Breasting Dolphin</i>	<i>Mooring Dolphin</i>	<i>Trestle</i>
Tiang Pancang	Material	Baja ASTM A252 Grade 3, $f_y = 310 \text{ MPa}$			
	Diameter Luar	660	864	660	610
	Ketebalan	19,1	20,6	19,1	14,3
Balok	Tinggi	800	-	-	800
	Lebar	500			500
Pelat	Tebal	350	-	-	350
<i>Pile cap</i>	Panjang	1500	4000	6000	1500
	Lebar	1500	5000	6000	1500
	Tinggi	1500	1500	1500	1500
<i>Fender Plank</i>	Panjang	-	4000	-	-
	Lebar		2000		
	Tinggi		1500		



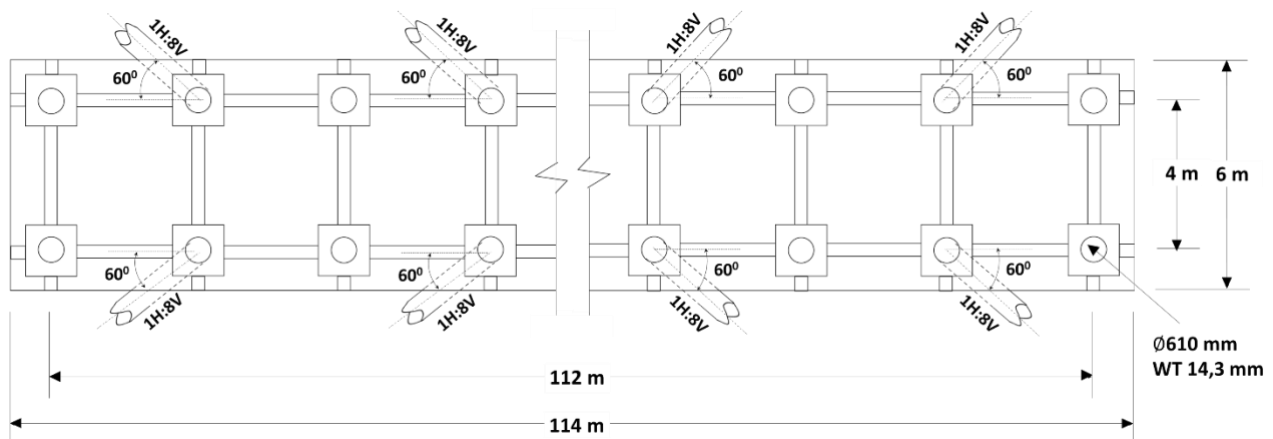
Gambar 4 Tampak atas optimasi struktur *loading platform*



Gambar 5 Tampak atas optimasi struktur *breasting dolphin*



Gambar 6 Tampak atas optimasi struktur *mooring dolphin*



Gambar 7 Tampak atas optimasi struktur *trestle*

Keluaran pemodelan berupa *UCR* tiang pancang, defleksi tiang pancang, dan defleksi balok terbesar tiap struktur ditunjukkan pada Tabel 4, Tabel 5, dan Tabel 6.

Tabel 4 *UCR* terbesar tiang pancang

Struktur	Batas Minimum	Nilai UCR	Batas Maksimum	Keterangan
Loading Platform	0,800	0,843	1,000	OK
Breasting Dolphin		0,831		
Mooring Dolphin		0,902		
Trestle		0,812		

Tabel 5 Defleksi terbesar tiang pancang

Struktur	Akibat Beban Tetap		Akibat Beban Sementara		Arah	Keterangan
	Defleksi (m)	Batas maksimum (m)	Defleksi (m)	Batas maksimum (m)		
Loading Platform	0,00096	0,0468	0,10998	0,1171	U1	OK
	-0,00094		-0,10703		U2	
Breasting Dolphin	0,00001	0,0490	-0,03850	0,1225	U1	
	-0,00354		-0,0270		U2	
Mooring Dolphin	$-9,87 \cdot 10^{-17}$	0,0468	-0,07962	0,1171	U1	
	$-1,42 \cdot 10^{-16}$		-0,06576		U2	
Trestle	0,00115	0,0456	-0,11142	0,1139	U1	
	0,00081		0,09380		U2	

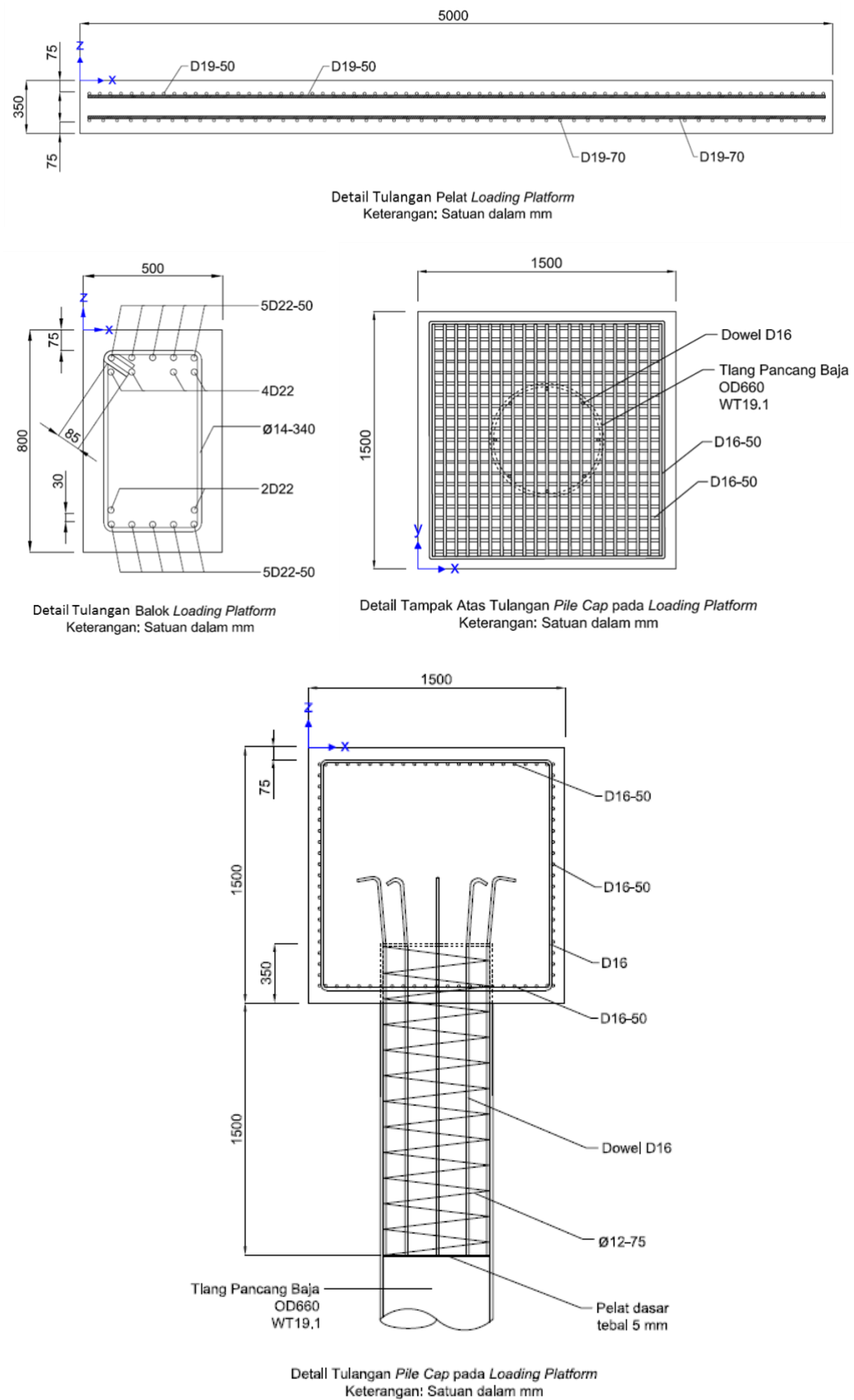
Tabel 6 Defleksi terbesar balok

Struktur	Elemen	Nilai Defleksi (m)	Batas maksimum (m)	Keterangan
Loading Platform	Balok Kantilever	0,004627	0,00625	OK
	Balok Tengah	-0,00783	0,02083	
Trestle	Balok Kantilever	0,00306	0,003125	
	Balok Tengah	-0,007801	0,01667	

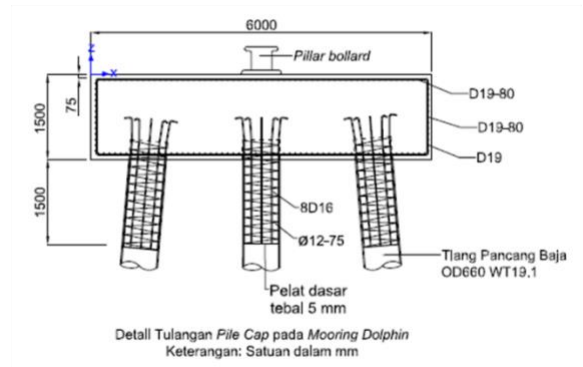
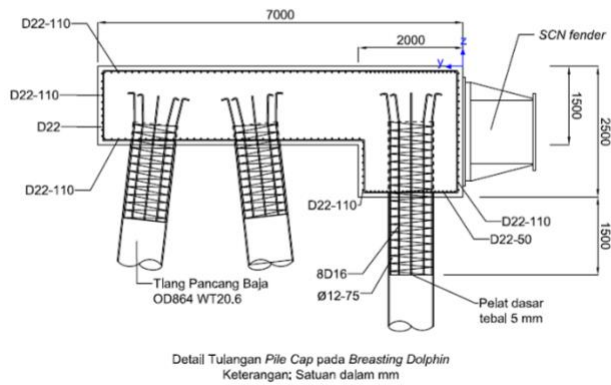
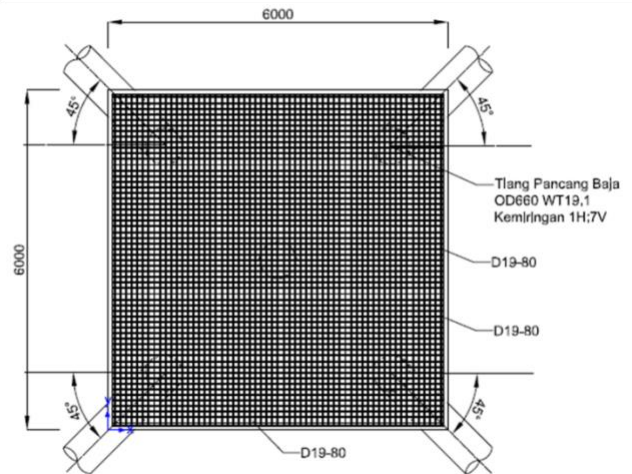
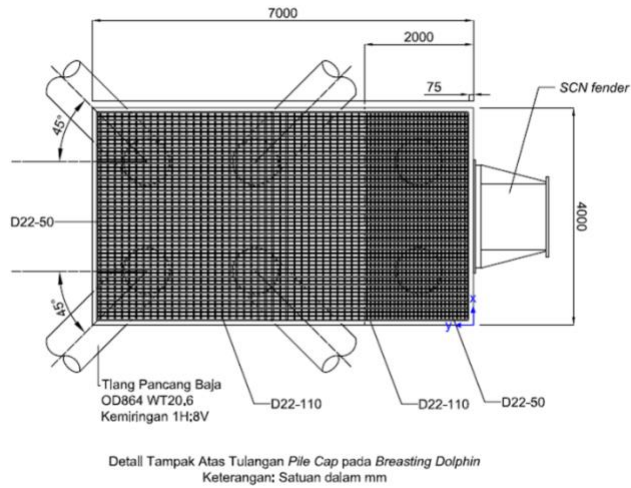
Keluaran perangkat lunak analisis struktur berupa gaya dalam ultimit digunakan untuk perencanaan tulangan beton pada balok, pelat, dan *pile cap*. Pelat dianalisis kemampuannya terhadap kegagalan *punching shear*. Tulangan sambungan *pile* ke dalam *pile cap* direncanakan seragam dengan detail yaitu panjang *pile* ke dalam *pile cap* sebesar 350 mm, tulangan dowel 8D16 dengan panjang penyaluran tulangan sebesar 300 mm, tinggi *concrete plug* sebesar 1500 mm, dan tulangan spiral di dalam *pile* menggunakan Ø12 spasi 75 mm. Rangkuman desain tulangan pada elemen beton ditunjukkan pada Tabel 7 dengan ilustrasi penulangan ditunjukkan pada Gambar 8 hingga Gambar 10.

Tabel 7 Penulangan elemen struktural dermaga

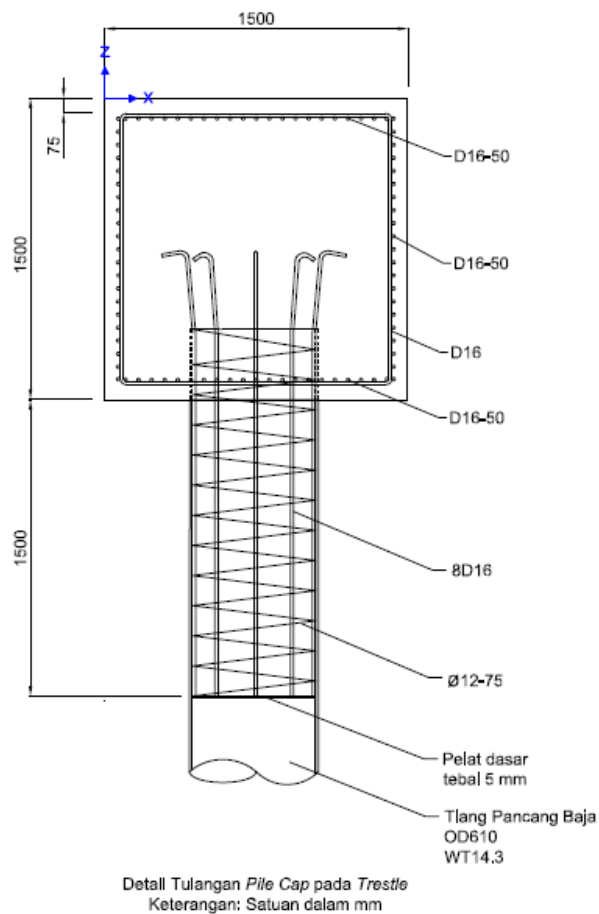
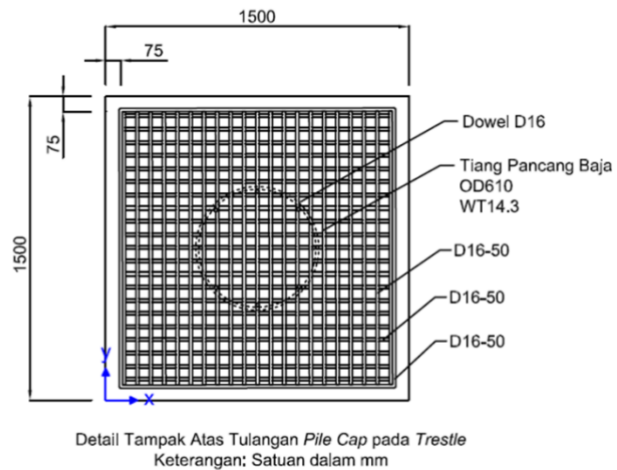
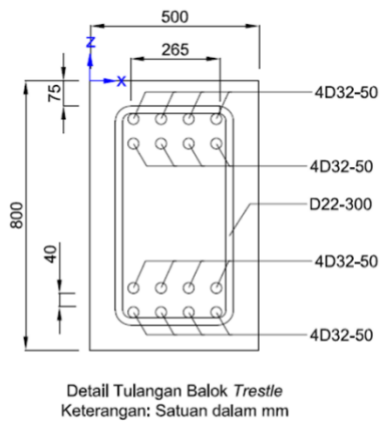
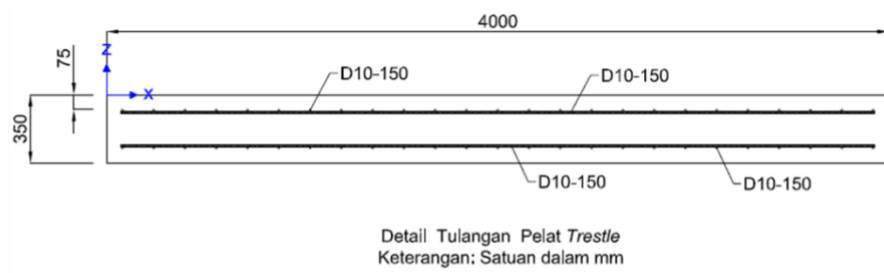
Struktur	Elemen	Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Tulangan samping	Sengkang
		X	Y	X	Y		
<i>Loading platform</i>	Balok	9D22		7D22		-	Ø14-300
	Pelat	D19-50	D19-50	D19-70	D19-70		
	<i>Pile Cap</i>	D16-50	D16-50	D16-50	D16-50		
<i>Breasting dolphin</i>	<i>Pile Cap</i>	D22-110	D22-110	D22-110	D22-110	D22-110	-
	<i>Plank Fender</i>	D22-50	D22-50	D22-50	D22-50		
<i>Mooring dolphin</i>	<i>Pile Cap</i>	D19-80	D19-80	D19-80	D19-80	D19-80	
<i>Trestle</i>	Balok	8D32-50		8D32-50		-	D22-300
	Pelat	D10-150	D10-150	D10-150	D10-150		
	<i>Pile Cap</i>	D16-50	D16-50	D16-50	D16-50		



Gambar 8 Detail tulangan struktur *loading platform*



Gambar 9 Detail tulangan struktur *breasting dolphin* dan *mooring dolphin*



Gambar 10 Detail tulangan struktur *trestle*

Hasil pemodelan berupa reaksi perletakan digunakan untuk analisis daya dukung tanah sehingga dapat diketahui kedalaman pemancangan tiang pancang. Kedalaman pemancangan untuk masing-masing struktur ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8 Reaksi perletakan dan kedalaman pemancangan tiang pancang struktur

Struktur	Kedalaman pemancangan dari dasar laut (m)	
	Hasil perhitungan	Dipilih
Loading Platform	5,9	6
Breasting Dolphin	5,8	6
Mooring Dolphin	5,5	6
Trestle	5,5	6

KESIMPULAN DAN SARAN

Dermaga *aklylbenzene* direncanakan dibangun di Merak, Banten dengan tipe *dolphin* yang terdiri dari *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, dan *trestle* menggunakan struktur *deck on pile*. Dermaga direncanakan untuk dapat melayani bongkar muat kapal 50.000 DWT, dibangun pada kedalaman perairan 14 m di bawah LWS dan memiliki elevasi 2,1 m di atas LWS. Kapal ditambatkan pada *Trelleborg pillar bollard* kapasitas 80 ton dan berlabuh pada *Fentek Super Cone Fender SCN 1600 E1.0* dengan panel fender berukuran 4 m x 2 m. Berdasarkan hasil analisis, struktur dermaga mampu menahan kombinasi beban yang diberikan berdasarkan kriteria *UCR* dan defleksi. Gaya dalam ultimit keluaran perangkat lunak analisis struktur digunakan untuk perencanaan tulangan beton pada balok, pelat, dan *pile cap*. Berdasarkan analisis *punching shear*, Pelat mampu menahan gaya geser akibat hubungannya dengan roda kendaraan inspeksi dan *pile cap*. Selain itu, *pile cap* juga mampu menahan gaya geser akibat hubungannya dengan tiang pancang. Berdasarkan hasil analisis daya dukung tanah, kedalaman tiang pancang pada *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, dan *trestle* masing-masing sebesar 6 m di bawah dasar laut.

Dalam perencanaan struktur sebaiknya perlu mempertimbangkan metoda kontruksi, ketersediaan dan kemudahan memperoleh komponen struktural, serta faktor ekonomis. Sebaiknya juga perlu dilakukan pengecekan terhadap analisis daya dukung lateral.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers (ASCE). 2010. *Minimum Design Load of Building and Other Structure*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 1726-2012: Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. 2015. *SNI 1729-2015: Spesifikasi Untuk Bangunan Gedung Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Fentek Marine Fendering Systems. 2002. *Fender Catalogue*. Hamburg: Fentek Marine Fendering Systems.
- Imran, Iswandi, dan Ediansjah Zulkifli. 2014. *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan.
- Thoresen, Carl A. 2014. *Port Designer's Handbook*. London: ICE Publishing.
- Trelleborg Marine Systems. 2017. *Bollards-Product Brochure*. Trelleborg: Trelleborg Marine Systems.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Wight, James K. dan James G. MacGregor. 2012. *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. New Jersey: Pearson Education, Inc.