

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA DOLPHIN UNTUK TERMINAL CPO DI PASANGKAYU, SULAWESI BARAT

Design of Jetty Structure for CPO Terminal in West Sulawesi

Sinta Permana Sari¹ dan Rildova, Ph.D²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jalan Ganesha 10 Bandung 40123

¹sintaps128@gmail.com dan ²rildova@ocean.itb.ac.id

ABSTRAK

Sebagai salah satu penghasil komoditas CPO terbesar di Sulawesi Barat, Pasangkayu memerlukan adanya sarana untuk mengakomodasi distribusi komoditas CPO tersebut. Oleh karena itu kemudian didesain suatu dermaga curah cair untuk dapat memperlancar distribusi CPO ke luar pulau Sulawesi.

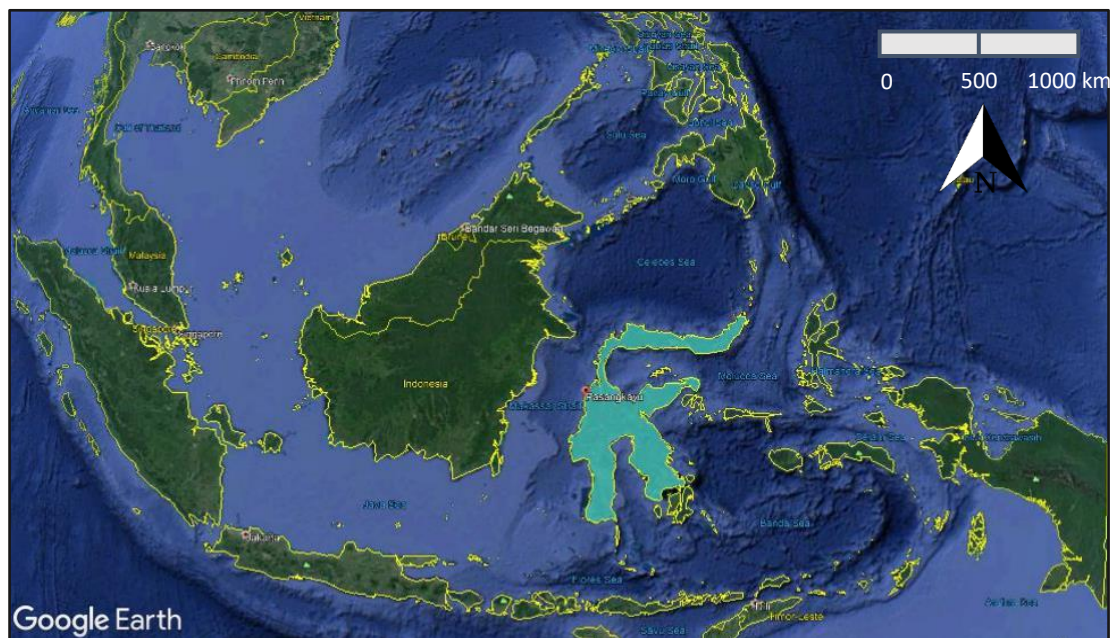
Pada studi kasus mengenai Perencanaan Struktur Dermaga Dolphin untuk Terminal CPO di Pasangkayu, Sulawesi Barat lingkup bahasannya meliputi penjelasan kriteria desain struktur dermaga, perhitungan beban yang bekerja pada dermaga, penentuan dimensi dermaga, analisis struktur dermaga, desain tulangan elemen struktural beton, dan analisis daya dukung tanah. Standar desain yang digunakan untuk pengerjaan Tugas Akhir ini adalah dari dokumen British Standard. Untuk kriteria desain elemen baja diperoleh dari SNI 1729:2012 dan SNI 2847:2013 untuk beton.

Struktur dermaga dolphin yang didesain pada Tugas Akhir ini meliputi *loading platform*, *breasting dolphin*, *mooring dolphin*, dan *trestle*. Analisis struktur dermaga dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP 2000. Dari analisis tersebut diperoleh nilai UCR tiang pancang untuk *loading platform* adalah 0.832065, untuk *breasting dolphin* 0.854185, untuk *mooring dolphin* 0.732468, dan 0.505069 untuk *trestle*. Selain UCR juga dihasilkan reaksi perletakan sebesar 543.761 kN untuk *loading platform*, 1068.882 kN untuk *breasting dolphin*, 462.88 kN untuk *mooring dolphin*, dan 545.795 kN untuk *trestle*. Berdasarkan reaksi perletakan tersebut maka tiang pancang perlu dipancang hingga kedalaman 16 meter dari dasar perairan untuk semua struktur.

Kata Kunci: *Desain, Struktur, Dermaga, Dolphin, Curah Cair*

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas perkebunan yang menghasilkan minyak kelapa sawit mentah (*crude palm oil/CPO*) dan menjadi andalan komoditas ekspor Indonesia. Salah satu penghasil komoditas CPO di Indonesia yaitu Sulawesi Barat. Provinsi Sulawesi Barat adalah salah satu daerah penghasil kelapa sawit kedua terbesar di kawasan Indonesia timur. Berdasarkan data dari Direktorat Jendral Perkebunan dalam Statistik Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia 2015-2017, Sulawesi Barat memiliki luas lahan kelapa sawit sebesar 108,154 hektar dan menghasilkan 294,617 ton kelapa sawit. Penghasil komoditas kelapa sawit terbesar di Sulawesi Barat adalah Kabupaten Mamuju Utara dengan produksi pada tahun 2017 sebanyak 109,570 ton kelapa sawit dengan luas area perkebunan adalah 31,064 hektar. Produksi kelapa sawit diperkirakan akan terus meningkat setiap tahunnya. Untuk mengakomodasi hasil produksi minyak kelapa sawit di Sulawesi Barat maka diperlukan adanya dermaga dolphin untuk komoditas curah cair di Pasangkayu, Sulawesi Barat. Lokasi studi dermaga curah cair ditampilkan pada Gambar 1 sampai Gambar 6.



Gambar 1 Peta lokasi pulau Sulawesi



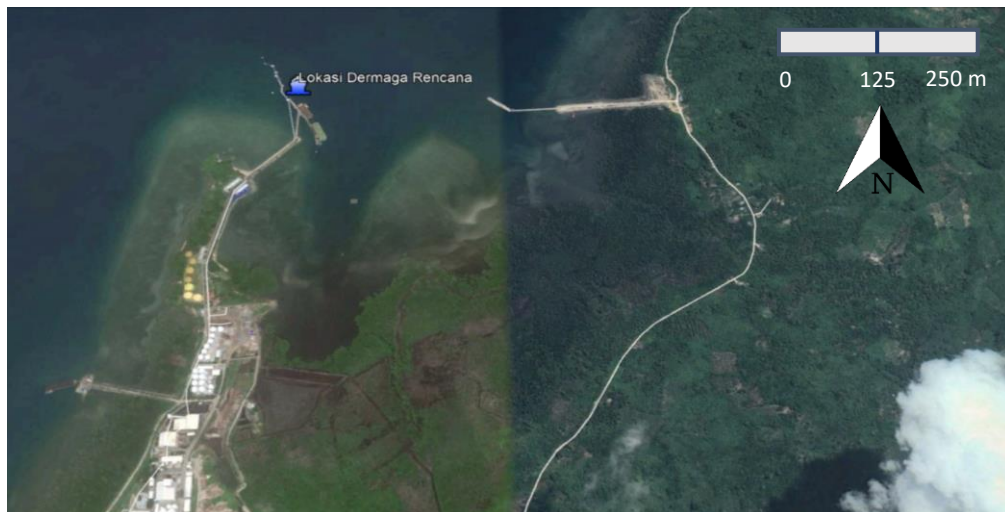
Gambar 2 Peta lokasi provinsi Sulawesi Barat



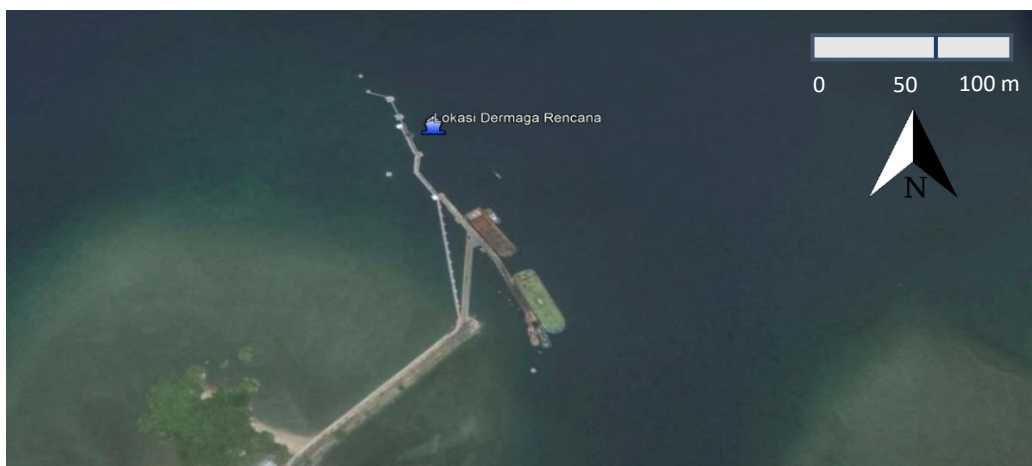
Gambar 3 Peta lokasi kabupaten Mamuju Utara



Gambar 4 Peta lokasi dermaga rencana (1)



Gambar 5 Peta lokasi dermaga rencana (2)

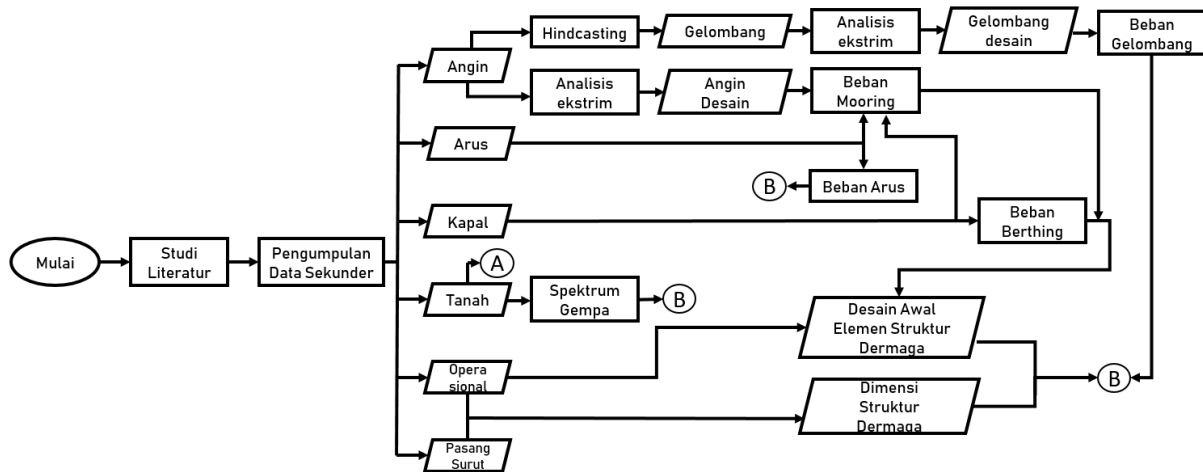


Gambar 6 Peta lokasi dermaga rencana (3)

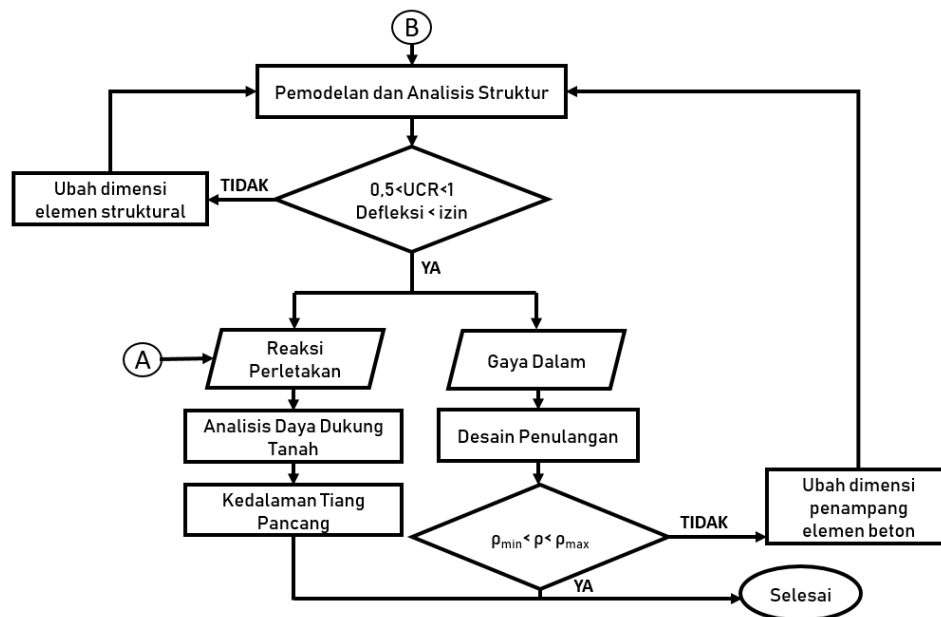
TEORI DAN METODOLOGI

Metodologi pengerjaan Tugas Akhir ini ditunjukkan pada . Data yang digunakan merupakan data sekunder yang meliputi data angin, pasang surut, arus, kapal, dan data tanah. Dari data angin dilakukan hindcasting untuk memperoleh data tinggi dan perioda gelombang. Selanjutnya dilakukan analisis ekstrim untuk data angin dan gelombang. Melalui analisis ekstrim akan diperoleh kecepatan angin desain sebesar 24.4 m/s dan tinggi serta perioda gelombang desain yaitu 4.43 m dan 9.98 sekon. Untuk data pasang surut dilakukan peramalan data pasang surut selama 18.6 tahun untuk memperoleh elevasi penting . Peramalan data pasang surut dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ERGTIDE, ERGRAM, dan ERGELV (Gandanegara, 2000) lalu diperoleh tunggang pasang yaitu 2.24 meter. Arus pada lokasi dermaga rencana memiliki kecepatan 0.4 m/s. Dermaga curah cair direncanakan dapat mengakomodasi kapal tanker dengan kapasitas 10000 DWT. Dermaga akan dibangun pada kedalaman perairan 10 meter.

Beban yang bekerja pada dermaga berbeda-beda untuk setiap struktur. Pada *loading platform* beban yang bekerja adalah beban lingkungan, beban struktur itu sendiri, beban tambat dan beban bollard, beban hidup tipikal, beban operasional yang terdiri dari beban loading arm, pipa, dan pipe sleeper. Untuk struktur *breasting dolphin* beban yang bekerja adalah beban lingkungan, beban struktur itu sendiri, beban manusia, beban bersandar dan beban fender. Untuk struktur *mooring dolphin* terdapat beban lingkungan, beban struktur itu sendiri, beban manusia, beban tambat dan beban bollard. Untuk struktur *trestle* beban yang bekerja adalah beban struktur itu sendiri, beban hidup tipikal, dan beban operasional yang terdiri dari beban pipa dan pipe sleeper. Setelah diperoleh beban yang bekerja pada setiap struktur selanjutnya beban tersebut diinput ke perangkat lunak SAP 2000. Keluaran dari perangkat lunak analisis struktur yang berupa gaya dalam untuk pelat dan balok serta reaksi perletakan selanjutnya digunakan untuk desain tulangan dan analisis daya dukung tanah. Diagram alir metodologi pengerjaan Tugas Akhir ini ditampilkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 7 Diagram alir metodologi pengerjaan Tugas Akhir (1)



Gambar 8 Diagram alir metodologi pengerjaan Tugas Akhir (2)

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

- *SNI 1729:2002 Spesifikasi Bangunan Baja Struktural* untuk desain elemen baja
- *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung* untuk desain gempa
- *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung* untuk desain elemen beton

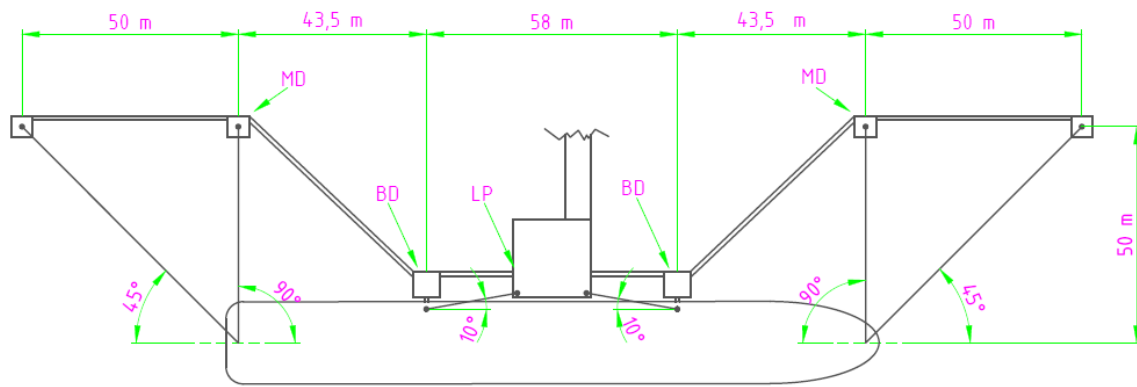
HASIL DAN ANALISIS

Data lingkungan yang diperlukan untuk perencanaan struktur dermaga yaitu data pasang surut, angin, gelombang, dan arus. Data gelombang diperoleh dari proses hindcasting data angin. Kemudian dilakukan analisis ekstrim dengan perioda ulang 50 tahun untuk data angin dan gelombang. Parameter desain struktur dermaga ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Parameter desain struktur

Parameter		Nilai	Satuan
Pasang surut	HWS (acuan LWS)	2.24	m
	MSL (acuan LWS)	1.03	m
Angin	Kecepatan desain perioda ulang 50 tahun	24.4	m/s
Gelombang	Tinggi gelombang desain perioda ulang 50 tahun	4.3	m
	Periode	9.98	s
Arus	Kecepatan	0.4	m/s
Kapal	DWT	10000	ton
	L _{OA}	145	m
	Draft	7.8	m
	Beam	19	m
Beban alat dan operasional	Loading arm	Beban : 157	kN
		Momen : 340	kN.m
	Pipa	79.7	kg/m
	Pipe sleeper	0.118	kN
	Mobil inspeksi	2130	kg

Dermaga curah cari memiliki empat struktur yaitu *loading platform* berukuran 18 m × 18 m, *breasting dolphin* berukuran 8 m × 6 m, *mooring dolphin* berukuran 5 m × 5 m, dan *trestle* berukuran 90 m × 4 m. Seluruh struktur dermaga akan dibangun pada elevasi +5 meter dari LWS. Layout dermaga yang akan dirancang ditampilkan pada Gambar 9.



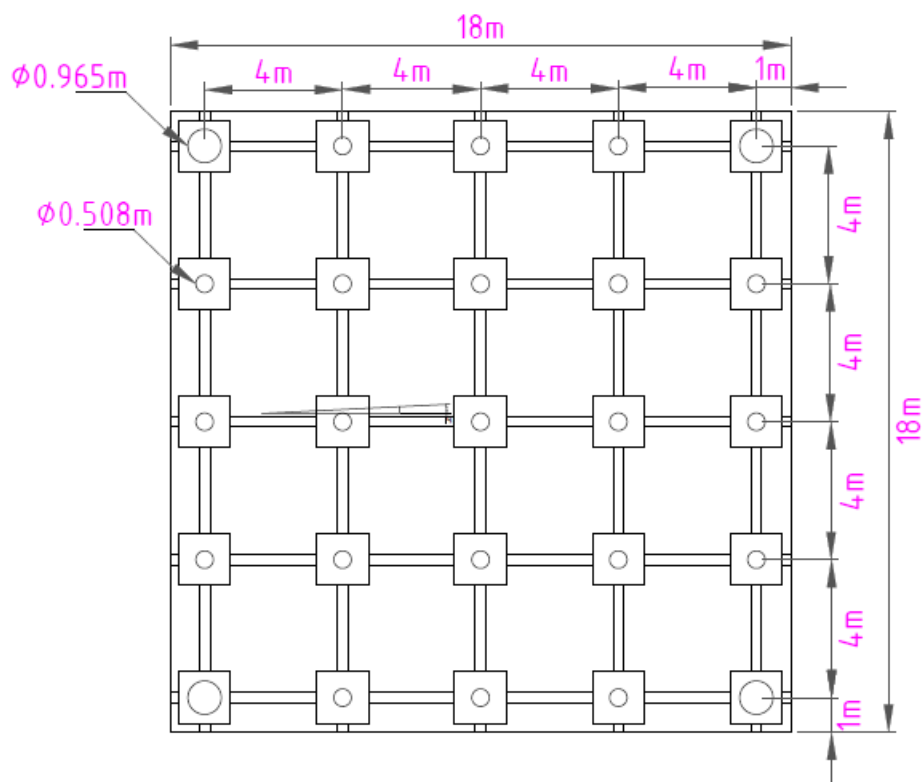
Gambar 9 Layout dermaga rencana

Dimensi elemen struktural dermaga ditentukan melalui preliminary design, yaitu desain awal ukuran penampang berdasarkan kapasitas momen yang dibutuhkan dan/atau kegagalan punching shear. Dimensi elemen struktural untuk setiap struktur dermaga ditampilkan pada Tabel 2. Ilustrasi setiap struktur dermaga ditampilkan pada Gambar 10 sampai Gambar 13.

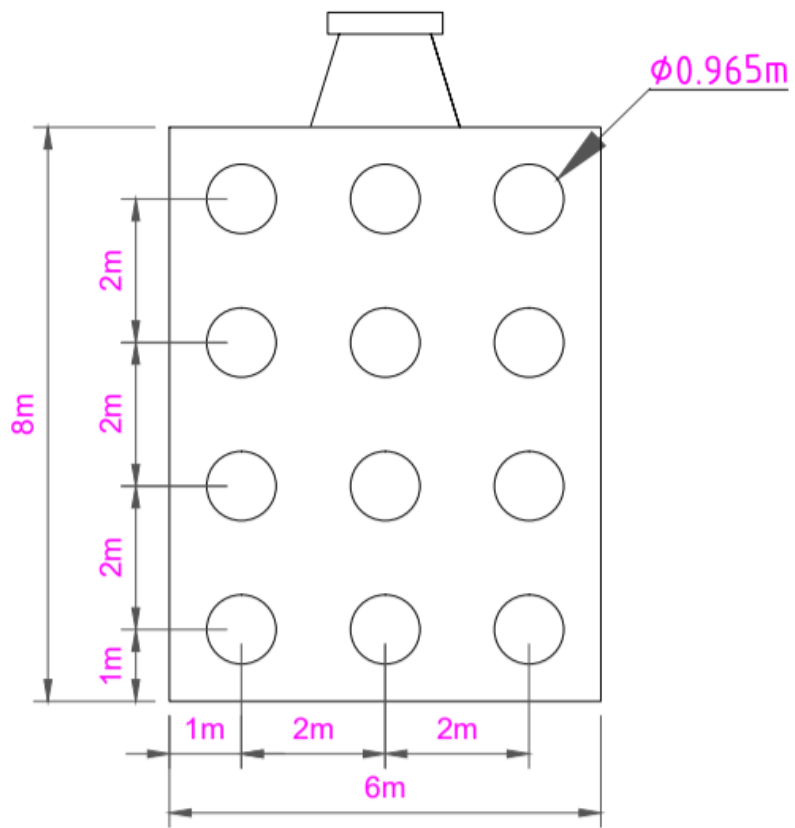
Tabel 2 Dimensi elemen struktural dermaga

Struktur	Elemen	Parameter	Nilai (mm)
<i>Loading platform</i>	Pelat	Tebal	200
	Balok	Tinggi	600
		Lebar	300
	Tiang Pancang-1	Diameter	965
		Ketebalan	19.1
	Tiang Pancang-2	Diameter	508
		Ketebalan	15.9
<i>Breasting dolphin</i>	<i>Pile cap</i>	Panjang	1500
		Lebar	1500
		Tinggi	600
	Tiang Pancang	Diameter	965
		Ketebalan	17.5
<i>Mooring dolphin</i>	Tiang Pancang	Panjang	8000
		Lebar	6000
		Tinggi	2500
<i>Mooring dolphin</i>	Tiang Pancang	Diameter	508
		Ketebalan	14.7

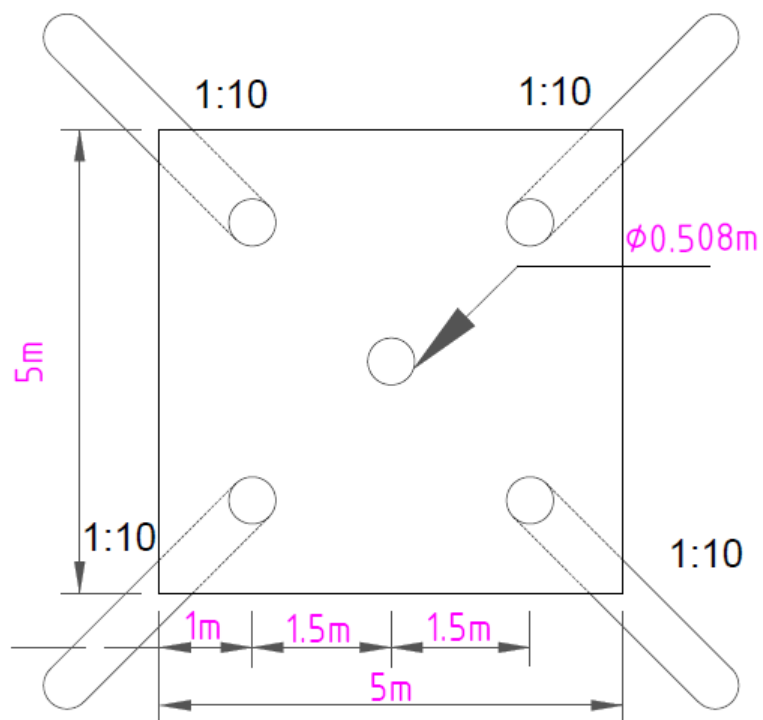
Struktur	Elemen	Parameter	Nilai (mm)
	<i>Pile cap</i>	Panjang	5000
		Lebar	5000
		Tinggi	1500
<i>Trestle</i>	Pelat	Tebal	200
	Balok Memanjang	Tinggi	850
		Lebar	400
	Balok Melintang	Tinggi	700
		Lebar	300
	Tiang Pancang	Diameter	610
		Ketebalan	15.9
	<i>Pile cap</i>	Panjang	1500
		Lebar	1500
		Tinggi	850



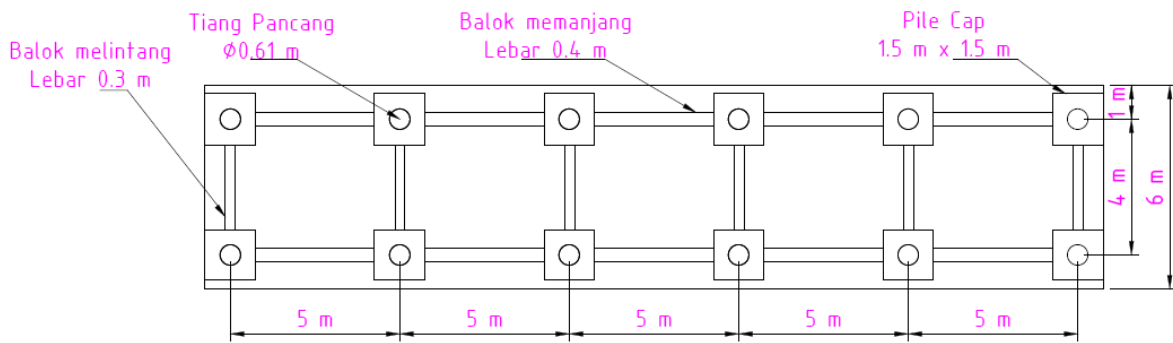
Gambar 10 Tampak atas *loading platform*



Gambar 11 Tampak atas *breasting dolphin*



Gambar 12 Tampak atas *mooring dolphin*



Gambar 13 Tampak atas struktur *trestle*

Komponen berlabuh yang digunakan adalah fender dengan tipe supercone SCN1300 E2.3 dan komponen bertambat yaitu bollard tipe *Pillar* dengan kapasitas 30 ton. Beban yang bekerja pada setiap struktur dermaga antara lain beban tambat, beban berlabuh, beban operasional, dan beban lingkungan dijadikan input dalam pemodelan analisis struktur. Keluaran pemodelan analisis struktur yaitu UCR yang ditunjukkan pada Tabel 3, defleksi tiang pancang pada Tabel 4 dan Tabel 5, dan defleksi balok pada Tabel 6.

Tabel 3 Nilai UCR terbesar untuk tiap struktur

Struktur	UCR	Keterangan
<i>Loading platform</i>	0.832	OK
<i>Breasting dolphin</i>	0.854	OK
<i>Mooring dolphin</i>	0.732	OK
<i>Trestle</i>	0.505	OK

Tabel 4 Nilai defleksi tiang pancang terbesar akibat beban tetap pada setiap struktur dermaga

Struktur	Arah	Defleksi	Izin	Keterangan
<i>Loading platform</i>	U1	0.0000008873	0.044	OK
	U2	0.000673		OK
<i>Breasting dolphin</i>	U1	1.896E-15	0.044	OK
	U2	0.000083		OK
<i>Mooring dolphin</i>	U1	1.075E-16	0.04	OK
	U2	-1.655E-17		OK
<i>Trestle</i>	U1	-0.000031	0.042	OK
	U2	-0.00105		OK

Tabel 5 Nilai defleksi tiang pancang terbesar akibat beban sementara pada setiap struktur dermaga

Struktur	Arah	Defleksi	Izin	Keterangan
<i>Loading platform</i>	U1	0.102754	0.11	OK
	U2	0.102754		OK
<i>Breasting dolphin</i>	U1	0.079995	0.11	OK
	U2	0.079318		OK
<i>Mooring dolphin</i>	U1	0.06733	0.1	OK
	U2	0.095219		OK
<i>Trestle</i>	U1	0.102058	0.1025	OK
	U2	0.097352		OK

Tabel 6 Nilai defleksi balok terbesar pada setiap struktur dermaga

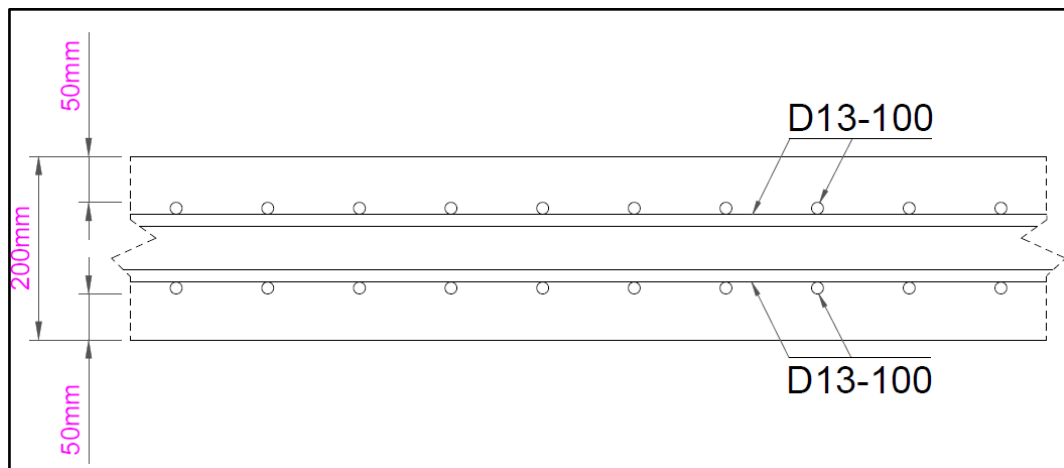
Struktur			Defleksi	Izin	Keterangan
Loading platform	Tengah		-0.002151	0.0167	OK
	Kantilever		-0.004027	0.0042	OK
Trestle	Melintang	Tengah	-0.001767	0.0167	OK
		Kantilever	-0.002547	0.0042	OK
	Memanjang		0.0209	-0.001811	OK

Hasil keluaran UCR berada pada rentang $0.5 < UCR < 1$ dan defleksi tiang pancang dan balok berada di bawah batas izin defleksi sehingga desain penampang dapat digunakan pada struktur dermaga rencana. Keluaran perangkat lunak analisis struktur yang berupa gaya dalam digunakan untuk perancangan tulangan pada elemen beton. Rangkuman desain tulangan pada elemen beton ditunjukkan pada Tabel 7 dan ilustrasi penulangan ditampilkan pada Gambar 14 sampai Gambar 22.

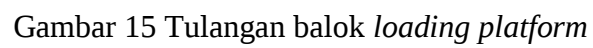
Tabel 7 Penulangan elemen struktural tiap struktur dermaga

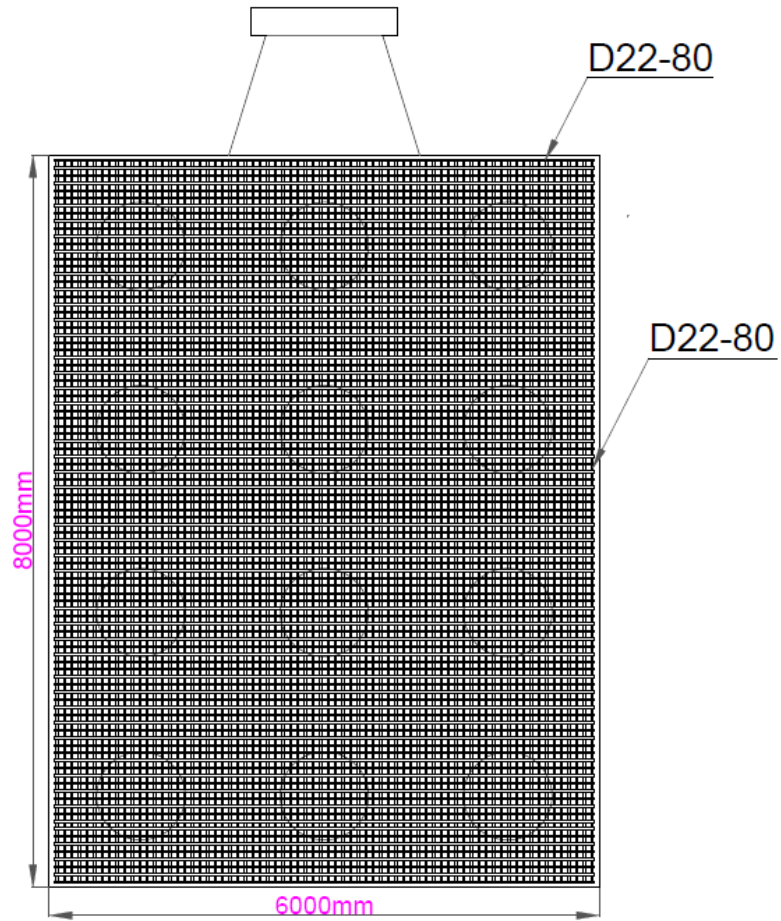
Struktur	Elemen	Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Senggang
		X	Y	X	Y	
<i>Loading platform</i>	Balok	6D25		5D25		D6-130
	Pelat	D13-100	D13-100	D13-100	D13-100	-
	<i>Pile cap</i>	D13-100	D13-100	D13-100	D13-100	-
<i>Berthing</i>	<i>Pile cap</i>	D22-80	D22-80	D22-80	D22-80	-

Struktur	Elemen	Tulangan Atas		Tulangan Bawah		Sengkang
<i>dolphin</i>						
<i>Mooring dolphin</i>	<i>Pile cap</i>	D19-100	D19-100	D19-100	D19-100	-
<i>Trestle</i>	Balok Melintang	6D22		6D22		D6-140
	Balok Memanjang	7D16		6D16		D6-120
	Pelat	D10-100	D10-125	D10-100	D10-125	-
	<i>Pile cap</i>	D16-120	D16-120	D16-120	D16-120	-

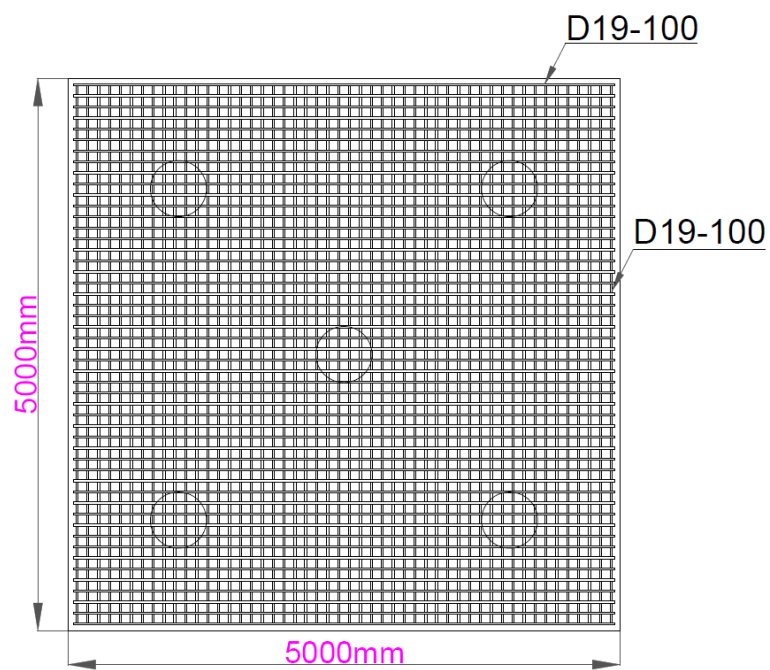


Gambar 14 Tulangan pelat *loading platform*

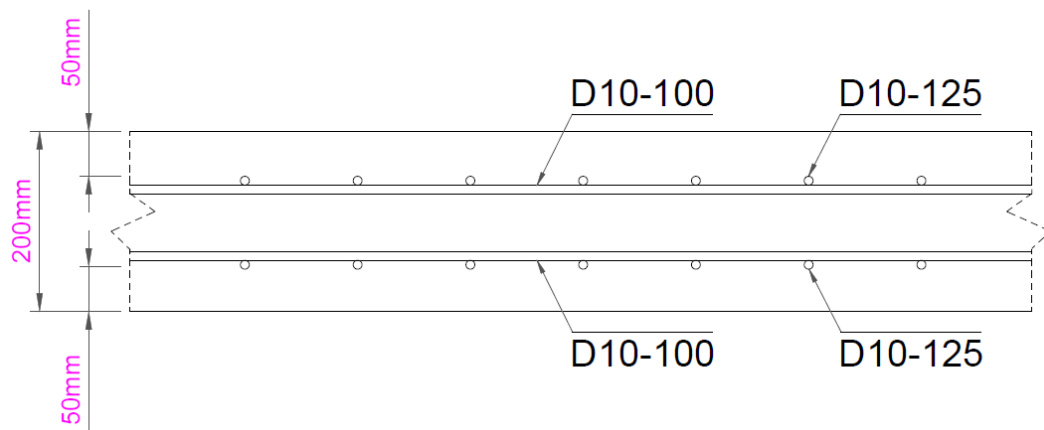




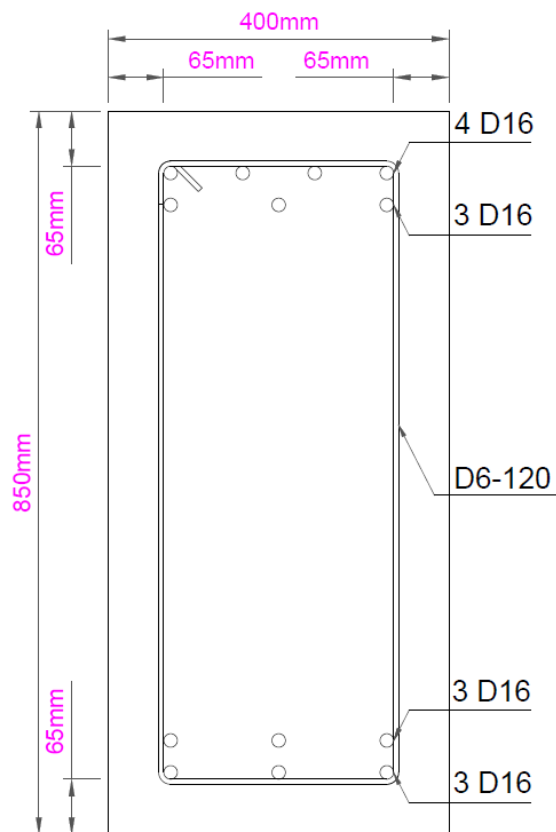
Gambar 17 Tulangan *pile cap breasting dolphin*



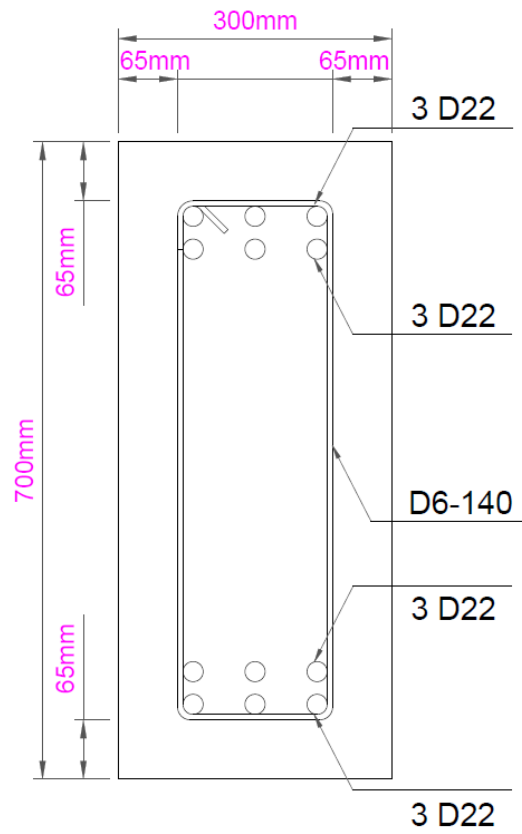
Gambar 18 Tulangan *pile cap mooring dolphin*



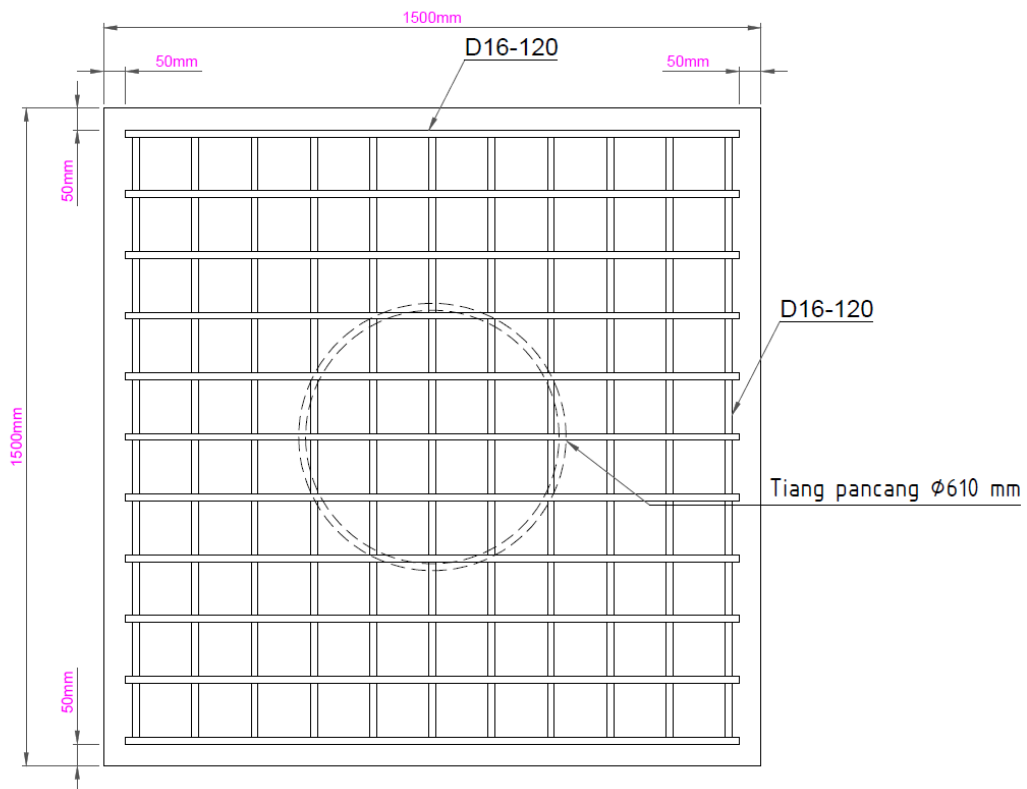
Gambar 19 Tulangan pelat *trestle*



Gambar 20 Tulangan balok memanjang *trestle*



Gambar 21 Tulangan balok melintang *trestle*



Gambar 22 Tulangan *pile cap trestle*

Selanjutnya adalah perhitungan daya dukung tanah. Dari pemodelan analisis struktur diperoleh reaksi perletakan untuk setiap struktur dan tiang pancang akan dipancang hingga kedalaman yang dibutuhkan. Pada Tugas Akhir ini, tiang pancang untuk semua struktur perlu dipancang hingga kedalaman 16 meter dari dasar laut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dermaga curah cair terdiri dari empat buah struktur yaitu *loading platform* (18 m × 18 m), *breasting dolphin* (8 m × 6 m), *mooring dolphin* (5 m × 5 m), dan *trestle* (4 m × 90 m) dan setiap struktur memiliki elevasi +5 m dari LWS dan dibangun pada perairan dengan kedalaman 10 m. Dermaga dirancang untuk dapat melayani kapal tanker dengan kapasitas 10000 DWT. Komponen fender yang digunakan adalah fender dengan tipe supercone SCN1300 E2.3 (Fentek Marine System). dan bollard jenis pillar dengan kapasitas 30 ton (Trelleborg Marine System).

Berdasarkan hasil analisis struktur menggunakan perangkat lunak SAP 2000 seluruh struktur dermaga mampu menahan kombinasi beban yang diberikan karena keluaran UCR dan defleksi maksimum tidak melebihi batas. Berdasarkan reaksi perletakan, tiang pancang dermaga direncanakan dipancang pada kedalaman 16 meter dari dasar laut.

Saran

1. Data lingkungan yang digunakan sebaiknya dekat dengan lokasi dermaga rencana sehingga akan diperoleh hasil analisis yang lebih akurat.
- 2.

DAFTAR PUSTAKA

- American Institute of Steel Construction (AISC). (2005). *Steel Construction Manual*. Chicago: American Institute of Steel Construction, Inc.
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2014). *ASCE/COPRI 61-14: Seismic Design of Piers and Wharves*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- American Society of Civil Engineers (ASCE). (2010). *Minimum Design Load of Building and Other Structure*. Virginia: American Society of Civil Engineers.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *SNI 1729:2015 Spesifikasi Bangunan Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung..* Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). *SNI 2847:2013 Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Badan Standarisasi Nasional. (2014). *SNI 2052:2014 Baja Tulangan Beton*. Jakarta: BSN.
- British Standard. (194). *BS 6349-4: Code of Practice for Design of Fendering and Mooring System*. UK: British Standard.
- British Standard. (2000). *BS 6349-1: Code of Practice for General Criteria*. UK: British Standard.
- British Standard. (2010). *BS 6349-2: Code of Practice for The Desugn if Quay Walls*. UK: British Standard.
- Das, B. M. (2011). *Principles of Foundation Engineering*. Stamford: CENGAGE Learning.
- Fentek Marine System. (2010). *Fentek Marine Fendering System*.
- Imran, I. d. (2014). *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- OCDI. 2002. *Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan*. Japan: OCDI.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang 1971. (1971). *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Thoresen, C. A. (2014). *Port Designers Handbook*. London: ICE Publishing.

Trelleborg. 2007. *Safe Berthing and Mooring, Trelleborg Marine Systems*. Trelleborg.

Triatmodjo, B. (2010). *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.