

DESAIN STRUKTUR DERMAGA CURAH CAIR TIPE DOLPHIN DI TELUK BUTON, KEPULAUAN RIAU

Farina Samantha¹ dan Rildova²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl Ganesha 10 Bandung 40132

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

Kata Kunci: Dermaga, Desain, Curah Cair, Dolphin

ABSTRAK

Pembangunan infrastruktur di bidang transportasi yang perlu perhatian khusus yaitu pada daerah terluar negara. Untuk itu diperlukan pembangunan pelabuhan curah cair untuk kebutuhan industri bensin di Natuna. Perencanaan dermaga dilakukan secara bertahap dengan menghitung dimensi dermaga sesuai kriteria desain, geometri elemen struktur, pembebanan, lalu dimodelkan dengan perangkat lunak, yang kemudian digunakan untuk penulangan struktur. Hasil tersebut meliputi *unity check ratio*, defleksi elemen struktur, gaya dalam komponen yang terjadi dan reaksi perletakkan akibat struktur. Selain desain kekuatan strukturnya, pada tugas akhir ini juga didesain penulangan pada komponen beton bertulang struktur dolphin. Analisis daya dukung tanah akibat struktur menjadi tahap akhir dalam perencanaan. Setelah seluruh perhitungan dilakukan, didapat hasil dari perancangan yaitu dimensi detail dan geometri serta penulangan yang diperlukan.

PENDAHULUAN

Transportasi laut sebagai bagian dari sistem transportasi nasional harus dikembangkan. Pembangunan infrastruktur di bidang transportasi yang perlu perhatian khusus yaitu pada daerah terluar negara. Untuk itu diperlukan pembangunan pelabuhan di wilayah Natuna. Salah satu kegiatan perekonomian yang perlu didorong yaitu pertambangan. Kabupaten Natuna memiliki potensi sumber daya alam meliputi minyak mentah dan gas bumi. Untuk itu diperlukan pembangunan pelabuhan curah cair untuk kebutuhan industri bensin di Natuna yaitu di kawasan Teluk Buton yang berada di sisi utara pulau. Dengan dibangunnya pelabuhan ini, diharapkan akan meningkatkan minat pasar untuk melakukan investasi di kepulauan Riau pada bidang pertambangan.

TEORI DAN METODOLOGI

Dermaga curah cair terdiri atas lima elemen struktur yaitu loading platform, breasting dolphin, mooring dolphin, trestle dan walkway. Perhitungan dimensi dermaga dilakukan mengacu pada kriteria desain Technical Standard and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan, OCDF (2002) yaitu meliputi perhitungan elevasi dan kedalaman dermaga, penentuan fasilitas dermaga yaitu bollard, fender, fire tower dan loading arm.

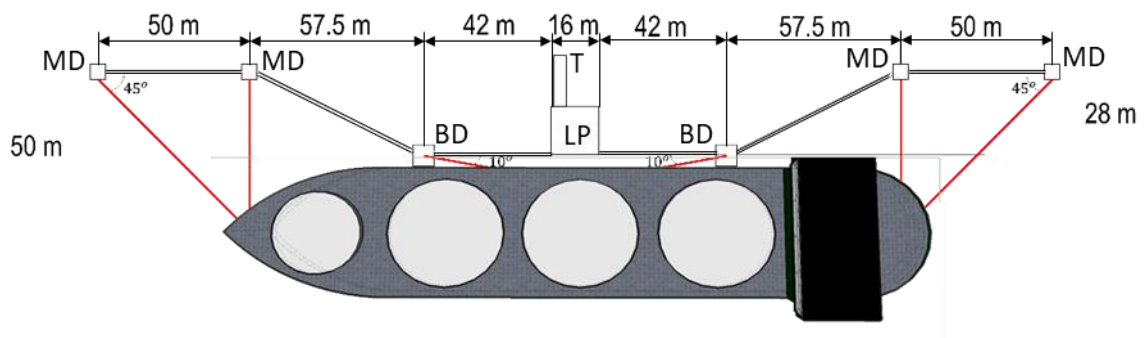
Struktur dirancang untuk mampu menahan beban yang terjadi, lalu dilakukan perhitungan geometri dermaga yang memperhitungkan beban mati, beban hidup, beban berthing dan mooring serta beban lingkungan. Ukuran balok, pelat dan pile cap pada komponen struktur didapat melalui desain awal terhadap beban. Rancangan kemudian dimodelkan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Pengecekan kelayakan struktur ditentukan dari keluaran model seperti unity check ratio, allowable compression, defleksi dan kelangsingan tiang. Hasil keluaran perlu dilakukan perbaikan dan optimasi desain hingga didapat rancangan yang optimum.

Model juga menghasilkan keluaran gaya dalam yang digunakan untuk penulangan elemen struktur dan reaksi perletakan untuk analisis daya dukung tanah. Tulangan yang digunakan yaitu jenis lentur dan geser dengan dilakukan pengecekan punching shear. Tiang dipancang hingga kedalaman dengan kondisi tanah yang mampu menahan beban struktur. Setelah seluruh perhitungan dilakukan, didapat hasil dari perancangan yaitu dimensi detail dan geometri serta penulangan yang diperlukan.

HASIL DAN ANALISA/DISKUSI

Hasil rancangan untuk struktur dermaga curah cair didapat dimensi loading platform berukuran panjang 16 meter dan lebar 16 meter dengan 3 buah loading arm, 3 jalur pipa dan 16 buah tiang beton ($\phi 350 \text{ mm} - 65 \text{ mm}$). Breasting dolphin didesain berukuran 7 m x 7 m x 1.5 m dan 3 m pada bagian plank fender dengan tiang baja mutu A252 Grade 3 ($\phi 813 \text{ mm} - 22.2 \text{ mm}$). Selain itu terdapat 2 pasang mooring dolphin dengan ukuran 5 m x 5 m dengan 5 buah tiang mutu A252 Grade 3 ($\phi 762 \text{ mm} - 20.6 \text{ mm}$).

Bollard yang digunakan pada breasting dan mooring dolphin adalah bollard 100 ton dan fender yang digunakan adalah fender dengan jenis CSS 2000 G1.1 produksi FenderTeam. Layout dermaga ditunjukkan pada Gambar 2. Seluruh bagian struktur dolphin adalah deck on pile dengan elevasi struktur adalah 3.5 meter diatas LWS dengan kedalaman dermaga 16 meter. Material beton yang digunakan adalah K-350 dengan tulangan BJTD 40 dan BJTD 24.



Gambar 1 Layout Dermaga

Tabel 1 sampai dengan Tabel 3 menunjukkan hasil pemodelan SAP2000 dari masing-masing struktur.

Tabel 1 Pengecekan Tiang Baja dan Beton

No	Elemen Struktur	Tiang Baja	Tiang Beton	
		Nilai UCR	Allowable Compression	
			Nilai (kN)	Izin (kN)
1	Loading Platform		461.508	913.311
2	Breasting Dolphin	0.605		
3	Mooring Dolphin	0.802		
4	Trestle		262.518	913.311
5	Walkway		119.451	712.206

Tabel 2 Pengecekan Defleksi Tiang

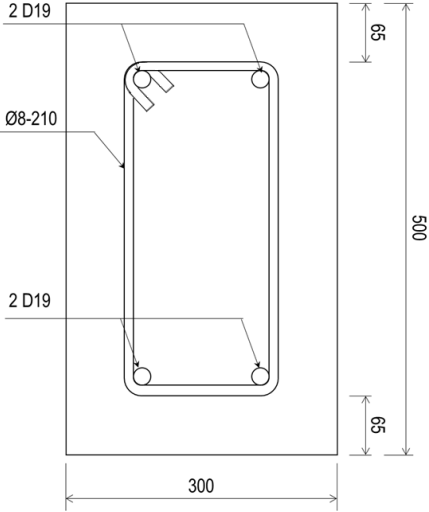
No	Elemen Struktur	Defleksi Tiang		
		Arah X (mm)	Arah Y (mm)	Izin (mm)
1	Loading Platform	77.8	-77.8	95.3
2	Breasting Dolphin	58.7	-101.6	129.75
3	Mooring Dolphin	75.6	105.2	128.15
4	Trestle	79.3	38.5	95.3
5	Walkway	-	76.7	93.9

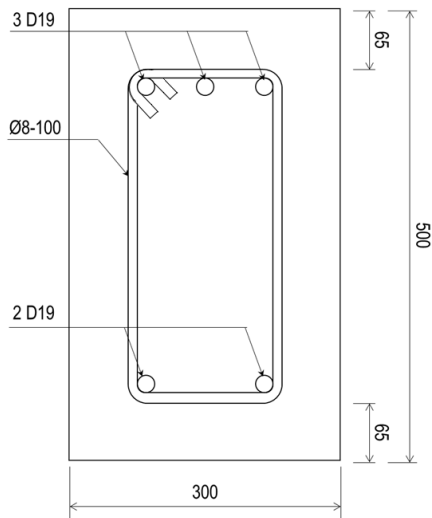
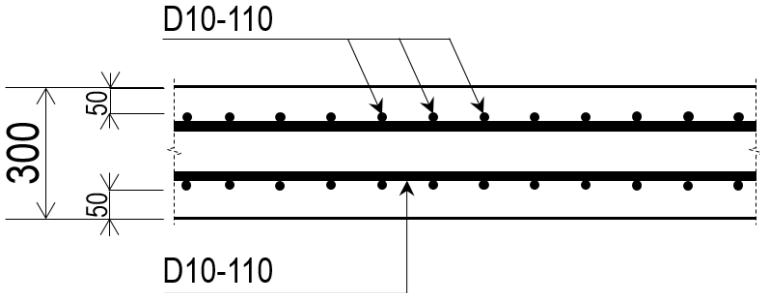
Tabel 3 Pengecekan Defleksi Balok

No	Elemen Struktur	Defleksi Balok		
		Panjang Balok (m)	Arah Z (mm)	Izin (mm)
1	Loading Platform	4.5	-5.27	18.75
		1.25	-4.53	5.20
2	Trestle	6	-3.45	25.00
		3	-2.91	12.50
		0.5	-2.04	2.08
3	Walkway	8	-2.84	33.33

Tabel 4 sampai dengan Tabel 5 menunjukkan hasil penulangan pada tiap struktur.

Tabel 4. Rangkuman Penulangan Struktur Loading Platform

Section	Material	Dimensi	Tulangan
Tiang Pancang	Prestressed Concrete Spun Pile Wika Beton (fc'= 52 MPa)	OD = 350 mm t = 65 mm	-
Balok Tipe 1	Beton K-450	500mm x 300mm	Tulangan Atas : 2D19 Tulangan Bawah : 2D19 Tulangan Senggang : Ø8-210
			

Balok Tipe 2	Beton K-450	500 x 300	Tulangan Atas : 3D19 Tulangan Bawah : 2D19 Tulangan Sengkang : Ø8-100
			
Pelat Tipe 1	Beton K-450	Tebal = 300 mm	Tulangan Atas arah X: D10-110 Tulangan Atas arah Y: D10-110 Tulangan Bawah arah X: D10-110 Tulangan Bawah arah Y: D10-110
			

Pelat Tipe 2	Beton K-450	Tebal = 300 mm	Tulangan Atas arah X: D10-110 Tulangan Atas arah Y: D10-110 Tulangan Bawah arah X: D10-110 Tulangan Bawah arah Y: D10-110
The diagram illustrates the cross-section of a 300mm thick concrete slab. It shows two horizontal reinforcement bars (D10-110) and two vertical reinforcement bars (D10-110). The top and bottom concrete layers are each 50mm thick. The reinforcement bars are arranged in a grid pattern, with the horizontal bars providing strength in the X-direction and the vertical bars providing strength in the Y-direction.			
Pelat Tipe 3	Beton K-450	Tebal = 300 mm	Tulangan Atas arah X: D10-110 Tulangan Atas arah Y: D10-110 Tulangan Bawah arah X: D10-110 Tulangan Bawah arah Y: D10-110
The diagram illustrates the cross-section of a 300mm thick concrete slab. It shows two horizontal reinforcement bars (D10-110) and two vertical reinforcement bars (D10-110). The top and bottom concrete layers are each 50mm thick. The reinforcement bars are arranged in a grid pattern, with the horizontal bars providing strength in the X-direction and the vertical bars providing strength in the Y-direction.			

Pile Cap	Beton K-450	700 mm x 700 mm x 700 mm	Tulangan Arah X: D13-90 Tulangan Arah Y: D13-90
----------	-------------	--------------------------	--

Tabel 5 Rangkuman Penulangan Struktur Breasting Dolphin

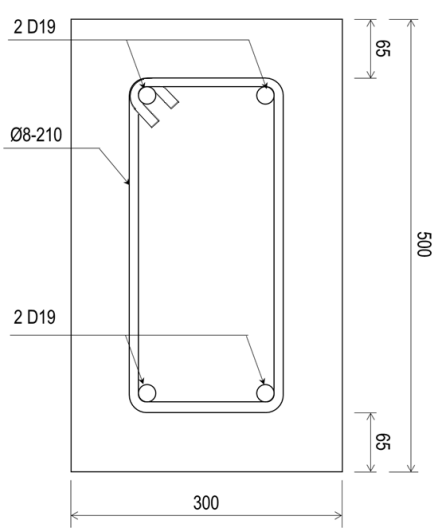
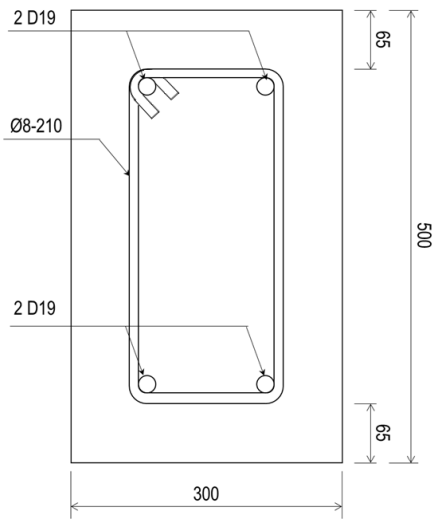
Section	Material	Dimensi	Tulangan
Tiang Pancang	Baja ASTM A252 Grade 3. PT KHI	OD = 813 mm t = 22.2 mm	-
Pile Cap	Beton K-450	7000 mm x 7000 mm x 1500 mm	Tulangan Arah X: D25-140 Tulangan Arah Y: D25-140

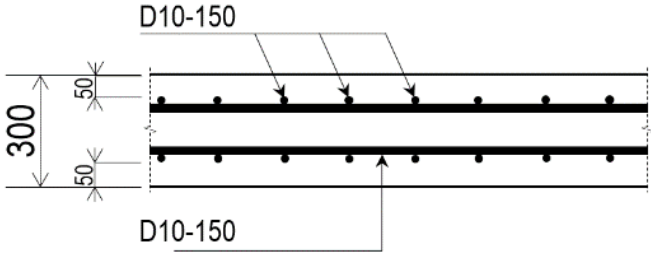
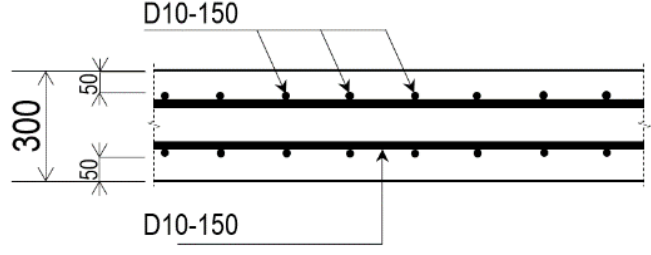
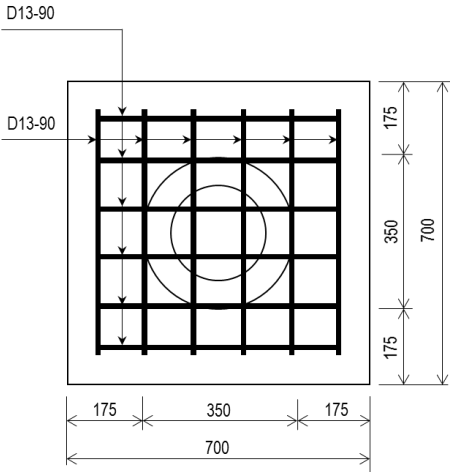
Tabel 6 Rangkuman Penulangan Struktur Mooring Dolphin

Section	Material	Dimensi	Tulangan
Tiang Pancang	Baja ASTM A252 Grade 3. PT KHI	OD = 762 mm t = 20.6 mm	-
Pile Cap	Beton K-450	5000 mm x 5000 mm x 1500 mm	Tulangan Arah X: D25-140 Tulangan Arah Y: D25-140

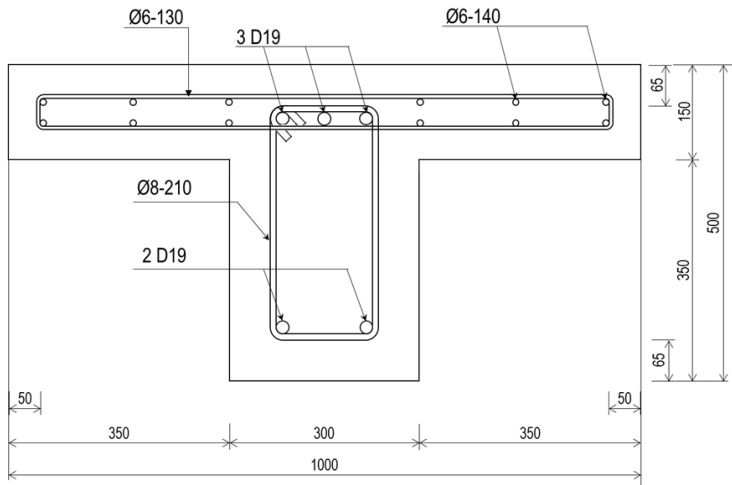
Tabel 7 Rangkuman Penulangan Struktur Trestle

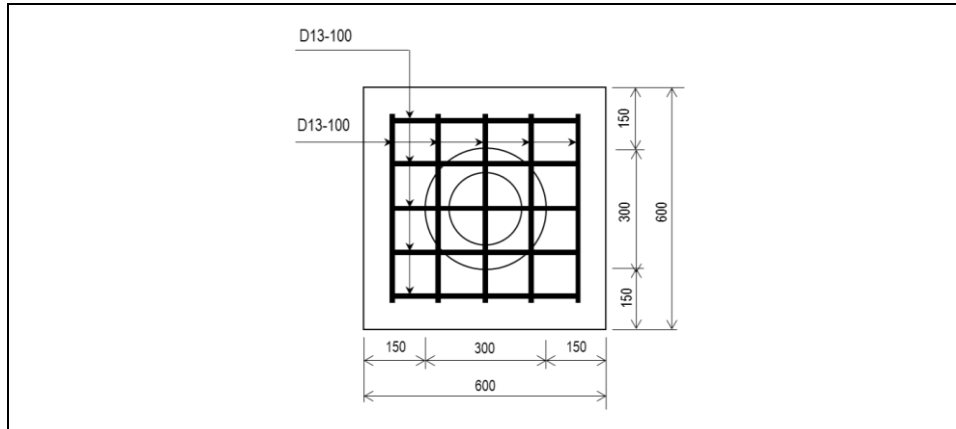
Section	Material	Dimensi	Tulangan
Tiang Pancang	Prestressed Concrete Spun Pile Wika Beton ($f_c' = 52$ MPa)	OD = 350 mm t = 65 mm	-
Balok Tipe 1	Beton K-450	500 mm x 300mm	Tulangan Atas : 2D19 Tulangan Bawah : 2D19 Tulangan Senggang : Ø8-210

			
Balok Tipe 2	Beton K-450	500 mm x 300 mm	Tulangan Atas : 2D19 Tulangan Bawah : 2D19 Tulangan Senggang : Ø8-210
			
Pelat Tipe 1	Beton K-450	Tebal = 300 mm	Tulangan Atas arah X: D10-150 Tulangan Atas arah Y: D10-150 Tulangan Bawah arah X: D10-150 Tulangan Bawah arah Y: D10-150

			
Pelat Tipe 2	Beton K-450	Tebal = 300 mm	Tulangan Atas arah X: D10-150 Tulangan Atas arah Y: D10-150 Tulangan Bawah arah X: D10-150 Tulangan Bawah arah Y: D10-150
			
Pile Cap	Beton K-450	700mm x 700mm x 700mm	Tulangan Arah X: D13-90 Tulangan Arah Y: D13-90
			

Tabel 8 Rangkuman Penulangan Struktur Walkway

Section	Material	Dimensi	Tulangan
Tiang Pancang	Prestressed Concrete Spun Pile Wika Beton ($f_c' = 52$ MPa)	OD = 300 mm $t = 60$ mm	-
Balok T	Beton K-450	Tinggi Batang = 500 mm Lebar Batang = 300 mm Lebar Sayap = 1000 mm Tebal Sayap = 150 mm	Tulangan Batang - Tulangan Atas = 3D19 - Tulangan Bawah = 2D19 - Tulangan Sengkang = $\varnothing 8-210$ Tulangan Sayap - Tulangan Atas arah X = $\varnothing 6-140$ - Tulangan Atas arah Y = $\varnothing 6-130$ - Tulangan Bawah arah X = $\varnothing 6-140$ - Tulangan Atas arah X = $\varnothing 6-140$
			
Pile Cap	Beton K-450	600mm x 600mm x 600mm	Tulangan Arah X: D13-100 Tulangan Arah Y: D13-100



Daya dukung tanah struktur ($Q_{All} > PU$) pada struktur terpenuhi pada kondisi sebagai berikut

- Loading Platform
Kedalaman = -19.4 m dari seabed
- Breasting Dolphin
Kedalaman = -18.8 m dari seabed
- Mooring Dolphin
Kedalaman = -20.78 m dari seabed
- Trestle
Kedalaman = -16.48 m dari seabed
- Walkway
Kedalaman = -14.3 m dari seabed

Hasil analisis dan perhitungan dimensi dan geometri dermaga menunjukkan hasil yang layak untuk dilanjutkan ke tahapan konstruksi. Nilai UCR, defleksi tiang dan balok, pengecekan punching shear sesuai standar SNI dan analisis daya dukung tanah menunjukkan hasil yang memenuhi parameter. Struktur dermaga Curah Cair yang didesain telah memenuhi kriteria kekuatan struktur dan mampu melayani kegiatan operasional muat bensin kapal tanker dengan kapasitas 70.000 DWT.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dermaga curah cair di Teluk Buton, Kepulauan Riau didesain untuk melayani kegiatan muat bensin untuk kapal dengan kapasitas 70000 DWT pada kedalaman perairan 16 m dibawah LWS dan elevasi 3.5 m diatas LWS. Loading platform berada pada jarak 1550 m dari garis pantai menggunakan trestle dengan lebar 4 m. Ukuran loading platform seluas 16 m x 16 m dilengkapi dengan 3 buah loading

arm. Dermaga dilengkapi dengan 2 buah breasting dolphin dan 4 buah mooring dolphin. Berdasarkan analisis struktur, dermaga memenuhi kriteria desain yang diperlukan baik itu dari *allowable compression*, *unity check ratio*, defleksi, penulangan struktur dan analisa daya dukung tanah.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 03-2847-2013. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (2002). SNI 03-1729-2002. Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung. Jakarta.

Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 03-1726-2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung. Jakarta.

Technical Standard and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan, OCDI (2002),

Thoresen, Carl.A, 2003. *Port Designer's Handbook*. Thomas Telford Publishing. London.