

PERANCANGAN STRUKTUR DERMAGA CURAH CAIR TIPE *DOLPHIN* DI KOTA CILEGON, BANTEN

Structure Design of Liquid Bulk Dolphin Berth at Kota Cilegon, Banten

Raihan Afif Yuzar¹ dan Sri Murti Adiyastuti²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan

Institut Teknologi Bandung

Jln. Ganeca 10 Bandung 40132

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

Abstrak: Seiring dengan pertumbuhan populasi di Indonesia, kebutuhan akan deterjen sebagai pembersih pakaian juga akan meningkat. Salah satu bahan baku deterjen adalah *alkylbenzene sulfonate* yang bersifat cairan. Oleh karena itu, dibutuhkan infrastruktur yang memadai untuk mengakomodir perkembangan produksi *alkylbenzene sulfonate* di Indonesia. Infrastruktur yang dimaksud ialah infrastruktur kepelabuhanan yang dapat mengakomodir aktivitas logistik *alkylbenzene sulfonate* di Indonesia. Salah satu perusahaan *alkylbenzene sulfonate* di Indonesia adalah PT Unggul Indah Cahaya yang berada di Kota Cilegon, Banten. Lingkup bahasan desain terdiri dari penentuan dimensi struktur yang mencakup *loading platform*, *breasting dolphin*, dan *mooring dolphin*, pemodelan struktur, desain penulangan elemen struktur yang mencakup balok, pelat, dan *pile cap*, dan perhitungan daya dukung tanah. Pemodelan struktur dilakukan dengan bantuan perangkat lunak SAP2000. Hasil dari pemodelan tersebut meliputi nilai UCR, defleksi, gaya dalam, dan reaksi perletakan. Pemeriksaan nilai UCR dan defleksi dilakukan untuk mengetahui kekuatan struktur terhadap beban – beban yang bekerja pada struktur, nilai gaya dalam yang didapatkan akan digunakan untuk desain penulangan elemen dermaga, dan reaksi perletakan akan digunakan untuk memperoleh daya dukung tanah dan mengetahui kedalaman pemancangan.

Kata Kunci: *Alkylbenzene Sulfonate*, Struktur, Dermaga, *Dolphin*, Pemodelan Struktur

Abstract: Corresponding to the growth of Indonesia's population, the necessity of detergent as cleanser should also increase accordingly. One of the main substance of detergent is *alkylbenzene sulfonate*, which itself is a liquid. Hence, adequate infrastructure to accommodate the production growth of *alkylbenzene sulfonate* in Indonesia is substantial. The infrastructure referred here is adequate port infrastructure to accommodate logistic activities of *alkylbenzene sulfonate*. One of the corporation which handles *alkylbenzene sulfonate* in Indonesia is PT Unggul Indah Cahaya, which is situated in Kota Cilegon, Banten. The design scope consists of determining the dimensions of loading platform structure, *breasting dolphin*, and *mooring dolphin*, structural modelling, reinforcement design, and calculation of soil capacity. Structural modelling is done using SAP2000 software. The results are the UCR value, displacement, internal forces, and base reactions. UCR and deflection checks are carried out to determine the strength of the structure, the internal force value will be used for reinforcement design, and the base reaction will be used to determine the piling depth.

Keywords: *Alkylbenzene Sulfonate*, Structure, Berth, *Dolphin*, Structural Modelling

PENDAHULUAN

Alkylbenzene sulfonate adalah senyawa berjenis cairan dan merupakan salah satu bahan baku deterjen. Seiring dengan pertumbuhan populasi di Indonesia yang meningkat setiap tahunnya, kebutuhan akan deterjen juga meningkat. Dengan demikian, dibutuhkan infrastruktur kepelabuhanan yang memadai guna dapat mengakomodir aktivitas logistik *alkylbenzene sulfonate* di Indonesia.

Salah satu perusahaan *alkylbenzene sulfonate* di Indonesia adalah PT Unggul Indah Cahaya yang memiliki dermaga curah cair di daerah Kota Cilegon, Pelabuhan Merak, Provinsi Banten. Untuk dapat meningkatkan kapasitas produksi dari *alkylbenzene sulfonate*, dilakukan pengembangan untuk dapat menampung dan memuat lebih banyak *alkylbenzene sulfonate* untuk dapat didistribusikan.

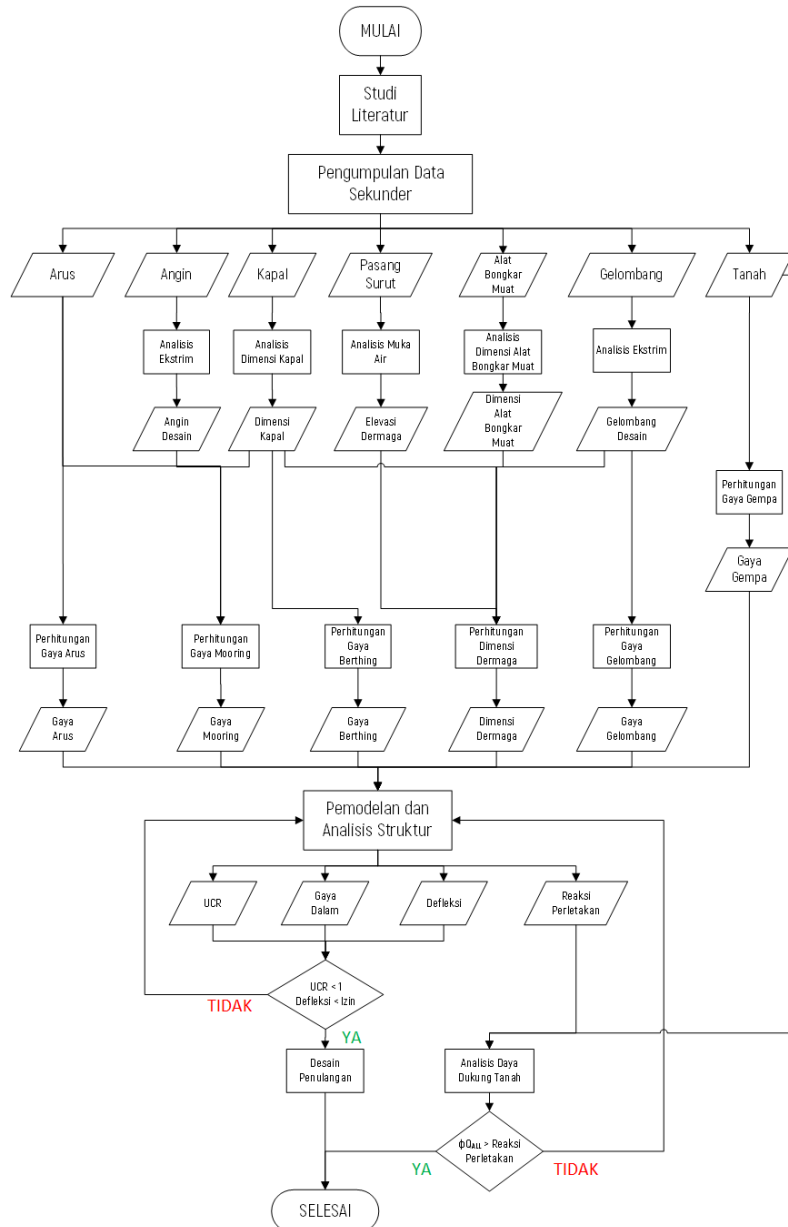
TEORI DAN METODOLOGI

Perancangan struktur Dermaga Curah Cair di Kota Cilegon, Banten dilakukan dengan menentukan kriteria desain dan mengumpulkan data – data sekunder terlebih dahulu, yang mencakup data lingkungan (pasang surut, arus,

angin, gelombang, dan data tanah), data karakteristik kapal rencana yang akan dilayani, dimensi struktur dermaga, yang meliputi *loading platform*, *breasting dolphin*, dan *mooring dolphin*, serta material yang digunakan pada struktur dermaga. Data material yang digunakan dipilih dengan mempertimbangkan rekomendasi dari SNI 03-2847-2013.

Selanjutnya, langkah desain yang dilakukan adalah penentuan dimensi elemen struktural dermaga dan perhitungan gaya – gaya yang bekerja pada struktur dermaga. Dimensi elemen struktural dermaga yang ditentukan terdiri dari ukuran tiang pancang, balok, pelat, dan *pile cap*. Gaya – gaya yang bekerja pada struktur dermaga meliputi beban *berthing*, beban *mooring*, beban mati struktur dan fasilitas tambahan dermaga, beban hidup (manusia dan *mobile crane*), serta beban lingkungan (gaya gelombang, gaya arus, dan gaya gempa).

Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Perhitungan beban *berthing* dilakukan dengan menentukan besarnya energi *berthing* kapal saat bersandar. Persamaan energi *berthing* berdasarkan BS 6349-4: 1994 adalah sebagai berikut.

$$E = 0.5 C_M M_D V_B^2 C_E C_S C_C$$

dimana,

E : Energi berlabuh (kN m)

C_M : Koefisien hidrodinamik massa

M_D : *Displacement* kapal (ton)

V_B : Kecepatan berlabuh kapal (m/s)

C_E : Koefisien eksentrisitas

C_S : Koefisien kekasaran

C_C : Koefisien konfigurasi tambat

Beban *mooring* dihitung atas pengaruh arus dan angin. Persamaan beban *mooring* akibat angin berdasarkan BS 6349-1 : 2000 adalah sebagai berikut.

$$F_{TW} = C_{TW} \rho_A A_L V_W^2 \times 10^{-4}$$

$$F_{LW} = C_{LW} \rho_A A_L V_W^2 \times 10^{-4}$$

dimana,

F_{TW} : Gaya angin arah transversal (kN)

F_{LW} : Gaya angin arah longitudinal (kN)

C_{TW} : Koefisien gaya angin arah transversal

C_{LW} : Koefisien gaya angin arah longitudinal

ρ_A : Massa jenis angin (kg/m^3)

A_L : Area proyeksi arah longitudinal di atas muka air (m^2)

V_W : Kecepatan angin desain pada 10 m diatas permukaan laut (m/s)

Beban mati dan beban hidup berupa fasilitas tambahan dapat ditentukan dari dimensi yang telah diketahui. Beban lingkungan yang mencakup gaya gelombang dan gaya arus ditentukan dengan Persamaan Morison, serta beban lingkungan berupa gaya gempa ditentukan dengan menggunakan data sekunder berupa spektral gempa.

Dengan kriteria desain, geometri dermaga, dan beban – beban yang bekerja pada dermaga yang telah dihitung, langkah desain selanjutnya adalah memodelkan struktur dermaga dengan bantuan perangkat lunak SAP2000. Pengecekan kekuatan struktur ditentukan dengan menganalisis *output* yang dihasilkan oleh perangkat lunak, yaitu UCR (*unity check ratio*) tiang pancang dan defleksi balok dan tiang pancang. Hasil pemodelan lain meliputi reaksi perletakan, gaya dalam balok, dan gaya dalam pelat yang selanjutnya akan digunakan untuk merencanakan tulangan komponen beton.

Perencanaan tulangan komponen beton dilakukan dengan perhitungan dan prosedur sistematis yang mengacu pada SNI 03-2847-2013. Hasil pemodelan berupa gaya dalam digunakan untuk merencanakan tulangan lentur maupun geser pada balok dan pelat. Sedangkan, reaksi perletakan digunakan untuk menentukan kedalaman pemancangan tiang pancang.

Selanjutnya, dilakukan perhitungan daya dukung tanah agar tiang pancang mampu menahan gaya akibat beban *berthing* dan beban *mooring* dari kapal, beban gempa, serta beban – beban lain yang bekerja pada struktur dermaga. Daya dukung yang diizinkan untuk tiang pancang ditinjau berdasarkan kekuatan ijin tekan dan kekuatan ijin tanah yang dipengaruhi oleh kondisi tanah serta kekuatan material tiang pancang.

HASIL DAN ANALISIS

Data yang di analisis diantaranya adalah data angin, data pasang surut, data kapal, serta data tanah. Hasil analisis data angin berupa *windrose*, *waverose*, perkiraan gelombang dengan periode ulang 50 tahunan. Sedangkan data pasang surut dan data kapal akan menghasilkan elevasi dasar dan muka air yang akan digunakan dalam perencanaan bangunan dermaga.

Analisis Data Angin dan Gelombang

Data angin diperoleh dari *website* NOAA dengan rentang tahun 2008 s/d 2017 dengan interval data 3 jam. Setelah itu, dilakukan analisis ekstrim angin dan didapatkan kecepatan angin maksimum sebesar 10,45 m/s dari arah Utara.

Selanjutnya, dilakukan *hindcasting* data angin untuk memperoleh data tinggi gelombang laut. Dari hasil *hindcasting*, dilakukan analisis ekstrim untuk periode ulang 50 tahunan dan didapat tinggi gelombang sebesar 1,71 m dari arah Utara dengan periode 10,8 detik. Setelah didapatkan nilai tinggi gelombang dari proses *hindcasting*, dilakukan pemodelan transformasi gelombang menuju dermaga. Dari pemodelan transformasi gelombang, didapatkan nilai tinggi gelombang sebesar 1,0 m dengan periode 10,8 s.

Analisis Data Pasang Surut

Data pasang surut diperoleh dari *website* Badan Informasi Geospasial Indonesia (BIG) yang diambil pada tanggal 1 s/d 31 Januari 2019. Data

pasang surut diolah menggunakan bantuan perangkat lunak ERGTIDE. Diperoleh bahwa pasang surut di kawasan dermaga rencana berjenis pasang surut campuran dominan semidiurnal. Dari hasil pengolahan ERGRAM dan ERGELV diperoleh tunggang pasang sebesar 0,97 m.

Analisis Data Arus

Data arus diperoleh dari website BMKG yang diambil pada tanggal 25 s/d 28 Juni dengan interval waktu 3 jam. Diperoleh kecepatan arus maksimum sebesar 0,3392 m/s dari arah Timur Laut.

Analisis Data Tanah

Karakteristik data tanah di kawasan dermaga rencana adalah tanah pasir. Nilai SPT tanah digunakan dalam perhitungan daya dukung tanah.

Data Karakteristik Kapal

Kapal rencana terbesar yang direncanakan dapat bersandar pada dermaga rencana berukuran 53.000 DWT berdimensi: $L_{OA} = 183$ m, $L_{BP} = 172,8$ m, $Breadth = 32,2$ m, $Draught = 13,44$ m. Dan untuk kapal terkecil berukuran 12.500 DWT dengan dimensi: $L_{OA} = 123,5$ m, $L_{BP} = 116,7$ m, $Breadth = 20,22$ m, $Draught = 8,64$ m.

Dimensi Umum Dermaga

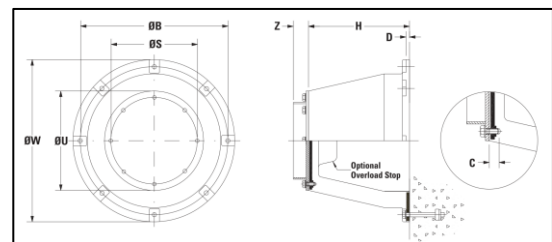
Dermaga dirancang dengan tipe dermaga *jetty* jenis *dolphin*. Terdapat tiga struktur utama pada dermaga rencana, yaitu struktur *loading platform*, *breasting dolphin*, dan *mooring dolphin*. Dimensi struktur utama dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1 Dimensi Struktur Utama Dermaga

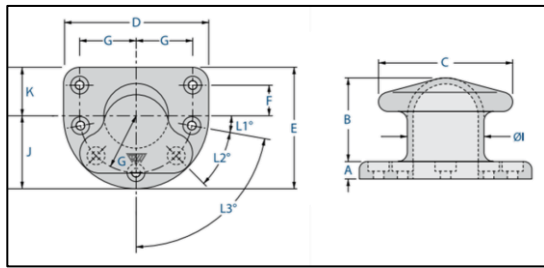
Struktur	Uraian	Dimensi
<i>Loading Platform</i>	Panjang Lebar Elevasi	19 m 15 m +3,0 m dari LWS
<i>Breasting Dolphin</i>	Panjang Lebar Elevasi	6 m 8 m +3,0 m dari LWS
<i>Mooring Dolphin</i>	Panjang Lebar Elevasi	5 m 5 m +3,0 m dari LWS

Fasilitas Dermaga

Setelah didapatkan energi *berthing* maksimum (E_A) = 1338 kNm, dipilih *Super Cone Fender* tipe SCN1600 dengan *rated energy* (E_R) = 1670 kN dan berat 4645 kg. Sedangkan, beban *mooring* terbesar yang diterima *bollard* adalah 21,67 ton, sehingga dipilih *T-head bollard* berkapasitas 22,5 ton. Ilustrasi *fender* dan *bollard* terpilih ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2 Fender SCN1600



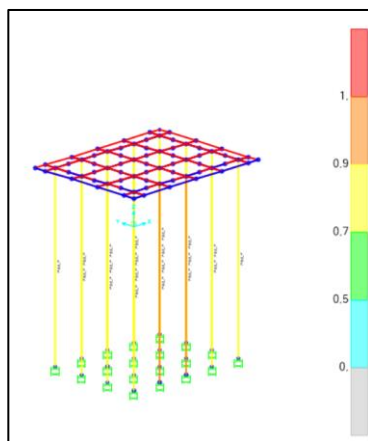
Gambar 3 T-head Bollard 22,5 Ton

Perencanaan Struktur

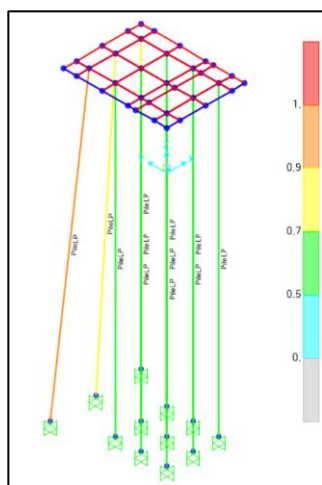
Struktur dermaga menggunakan struktur beton bertulang dengan mutu beton ($f'c$) = 35 MPa dan material tiang pancang dengan mutu baja ASTM A252 Grade 2 dengan tegangan leleh (f_y) = 240 MPa.

Perencanaan struktur mengacu pada SNI 1726-2012, SNI 2847-2013, dan SNI 1729-2015.

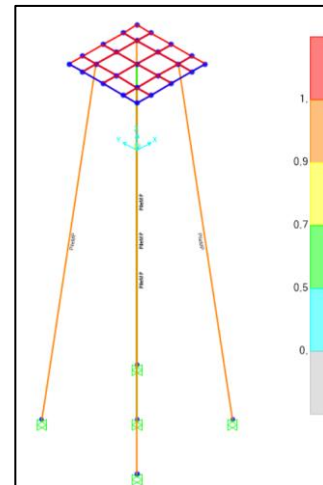
Hasil pemodelan struktur ditunjukkan pada **Gambar 4**, **Gambar 5**, dan **Gambar 6**.



Gambar 4 Hasil Pemodelan Loading platform



Gambar 5 Hasil Pemodelan Breasting dolphin



Gambar 6 Hasil Pemodelan mooring dolphin

Dimensi Elemen Struktural

Dimensi elemen struktural *loading platform* ditunjukkan pada **Tabel 1**, elemen struktural *breasting dolphin* ditunjukkan pada **Tabel 2**, sedangkan untuk *mooring dolphin* ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 1 Dimensi Elemen Struktural Loading platform

Uraian	Dimensi
Balok	750 mm × 500 mm
Tiang Pancang	Ø 610 mm, t = 12,7 mm
Tebal Pelat	200 mm
Pile Cap	1800 × 1800 × 1500 mm

Tabel 2 Dimensi Elemen Struktural Breasting dolphin

Uraian	Dimensi
Tiang Pancang	Ø 965 mm, t=19,1mm
Pile Cap	6000 × 8000 × 1500 mm
Tebal Plank	3000 mm

Tabel 3 Dimensi Elemen Struktural Breasting dolphin

Uraian	Dimensi
Tiang Pancang	Ø 457 mm, t=15,9 mm
Pile Cap	5000 × 5000 × 1500 mm

Analisis Struktur Loading platform

Analisis struktur *loading platform* tahap pertama adalah pengecekan hasil UCR yang terjadi pada tiang pancang baja. Berdasarkan **Tabel 4**, struktur *loading platform* memenuhi keamanan karena nilai UCR tertinggi masih kurang dari 1.

Tabel 4 Nilai UCR struktur *loading platform*

Frame Text	UCR	Kombinasi
849	0,91	ULS5
ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$		

Analisis struktur *loading platform* tahap kedua adalah pengecekan defleksi pada **Tabel 5** dan **Tabel 6**.

Tabel 5 Defleksi Tiang Pancang *Loading platform*

Beban	Pile	Komb.	Arah	Defl. (cm)
Beban Tetap	928	SLS3	U1	0,42
	15	SLS3	U2	0,4
Beban Sementara	523	SLS6	U1	10,7
	503	SLS6	U2	10,8
SLS3: $1,0D + 0,6(W + C + M)$				
SLS6: $1,0D + 0,7E$				

Tabel 6 Defleksi Balok *Loading platform*

Balok	Frame	Komb.	Arah	Defl. (cm)
Biasa	497	SLS2	U3	0,37
Kantilever	846	SLS5	U3	0,4
SLS2: $1,0D + 1,0(L + B)$				
SLS5: $1,0D + 0,75L + 0,525E$				

Selanjutnya, diambil *output* berupa reaksi perletakan yang dapat dilihat pada **Tabel 7** dan gaya dalam yang dapat dilihat pada **Tabel 8** dan **Tabel 9** yang digunakan sebagai *input* untuk perencanaan tulangan.

Tabel 7 Reaksi Perletakan *Loading platform*

Frame	Komb.	Reaksi (kN)	Ket.
14	SLS2	789,2	MAX
26	SLS6	152,5	MIN
SLS2A: $1,0D + 1,0(L + B)$			
SLS6: $1,0D + 0,7E$			

Tabel 8 Gaya Dalam Balok *Loading platform*

Jenis Balok	No. Frame	V2 (kN)	M3 (kN-m)	Komb.
Balok Biasa	498	297,3	211,6	ULS5
	507	-309,3	-397,3	ULS5
	521	93,9	281,2	ULS7
	507	-308,6	399,6	ULS5

Jenis Balok	No. Frame	V2 (kN)	M3 (kN-m)	Komb.
Kantilever	641	49	-80,1	ULS2
	4	-48,5	-77,6	ULS2
	877	29,3	7,7	ULS2
	641	49	-80,1	ULS2
ULS2: $1,2D + 1,6(L + B)$				
ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$				
ULS7: $0,9D + 1,0E$				

Tabel 9 Gaya Dalam Pelat *Loading platform*

Jenis Pelat	No. Area	M11 (kNm)	M22 (kNm)	Komb.
Pelat Tengah	135	15,1	14,1	ULS5
	8	-13,9	-9,1	ULS5
	135	15,2	14,1	ULS5
	132	-9,9	-14,4	ULS5
Pelat Tepi	138	15,1	5	ULS5
	104	-12,2	-2,7	ULS7
	9	4,8	14,1	ULS5
	142	-2,7	-12,2	ULS7
Pelat Sudut	143	3,8	3,4	ULS2
	144	0,6	1,4	ULS2
	143	0,2	5,7	ULS2
	144	3,1	-0,6	ULS2
ULS2: $1,2D + 1,6(L + B)$				
ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$				
ULS7: $0,9D + 1,0E$				

Analisis Struktur Breasting Dolphin

Berdasarkan **Tabel 10**, struktur *breasting dolphin* memenuhi keamanan karena nilai UCR tertinggi masih kurang dari 1.

Tabel 10 Nilai UCR *Breasting dolphin*

Frame Text	UCR	Kombinasi
69	0,901	ULS2A
ULS2A: $1,2D + 1,6(L + B)$		

Hasil analisis berupa defleksi ditunjukkan pada **Tabel 11**, reaksi perletakan pada **Tabel 12** dan gaya dalam ditunjukkan pada **Tabel 13**.

Tabel 11 Defleksi Tiang Pancang *Breasting dolphin*

Beban	Pile	Komb.	Arah	Defl. (cm)
Beban Tetap	31	SLS3	U1	0,5
	1	SLS4B	U2	0,3
Beban Sementara	31	SLS6	U1	2,8
	1	SLS2B	U2	10,3
SLS3 : $1,0D + 0,6(W + C + M)$ SLS6 : $1,0D + 0,7E$ SLS2B: $1,0D + 1,0B$ SLS4B: $1,0D + 0,75L + 0,45(W + C + M)$				

Tabel 12 Reaksi Perletakan *Breasting dolphin*

Frame	Komb.	Reaksi (kN)	Ket.
56	SLS2A	1920	MAX
53	SLS6	-624,4	MIN
SLS2A: $1,0D + 1,0(L + B)$ SLS6 : $1,0D + 0,7E$			

Tabel 13 Gaya Dalam Pile Cap *Breasting dolphin*

Jenis Pelat	No. Area	M11 (kNm)	M22 (kNm)	Komb.
Pile Cap	42	528,8	243,8	ULS5
	42	-460	-150	ULS7
	27	260,7	1221,2	ULS2A
	11	-317,3	-1550,3	ULS2B
Plank Fender	29	421	482,3	ULS2A
	21	-213,9	-2005,7	ULS2B
	29	421	482,3	ULS2A
	21	-213,9	-2005,7	ULS2B
ULS5 : $1,2D + 1,0E + 1,0L$ ULS2A: $1,2D + 1,6(L + B)$				

Analisis Struktur Mooring Dolphin

Berdasarkan **Tabel 14**, struktur *mooring dolphin* memenuhi keamanan karena nilai UCR tertinggi masih kurang dari 1.

Tabel 14 Nilai UCR *Breasting dolphin*

Frame Text	UCR	Kombinasi
3	0,91	ULS5
32	0,91	ULS5
44	0,91	ULS5
50	0,91	ULS5
ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$		

Hasil analisis berupa defleksi ditunjukkan pada **Tabel 15**, reaksi perletakan pada **Tabel 16** dan gaya dalam ditunjukkan pada **Tabel 17**.

Tabel 15 Defleksi Tiang Pancang *Breasting dolphin*

Beban	Pile	Komb.	Arah	Defl. (cm)
Beban Tetap	1	SLS3	U1	3,2
	1	SLS3	U2	4,01
Beban Sementara	44	SLS6	U1	8,8
	32	SLS6	U2	8,8
SLS3: $1,0D + 0,6(W + C + M)$ SLS6: $1,0D + 0,7E$				

Tabel 16 Reaksi Perletakan *Breasting dolphin*

Frame	Komb.	Reaksi (kN)	Ket.
3	SLS6	444,1	MAX
3	SLS6	-14,2	MIN
SLS6: $1,0D + 0,7E$			

Tabel 17 Gaya Dalam Pile Cap *Breasting dolphin*

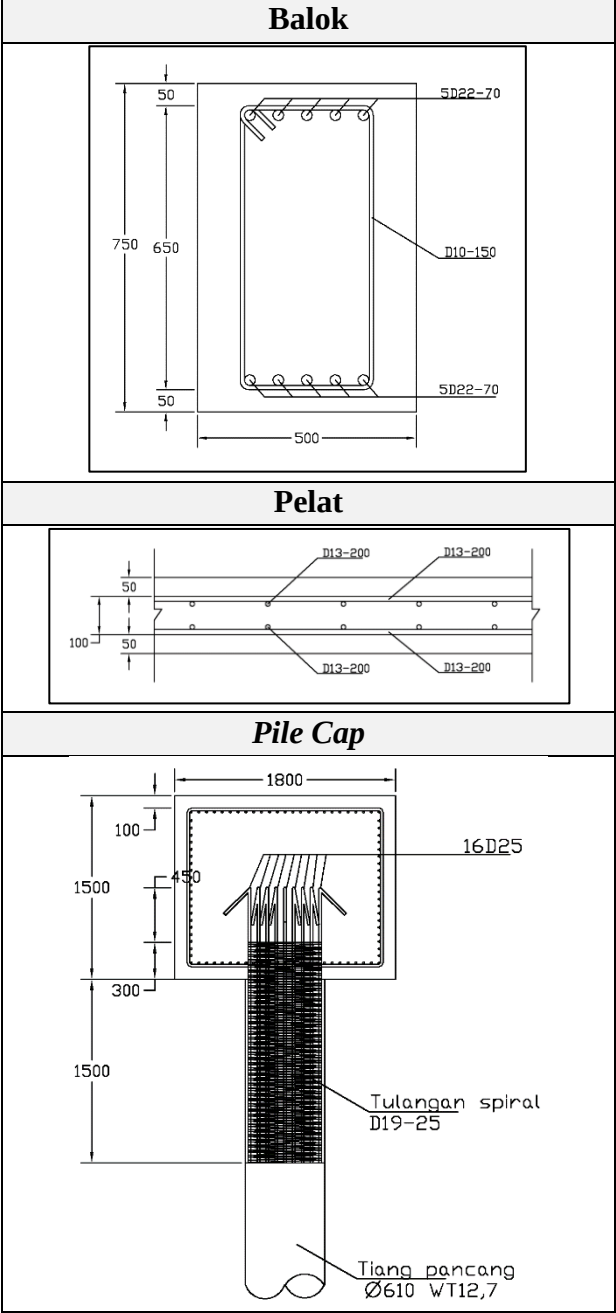
Jenis Pelat	No. Area	M11 (kNm)	M22 (kNm)	Komb.
Pile Cap	4	200,7	103,9	ULS5
	2	-139,5	-139,5	ULS7
	1	103,9	200,7	ULS5
	2	-139,5	-139,5	ULS7
ULS5: $1,2D + 1,0E + 1,0L$ ULS7: $0,9D + 1,0E$				

Penulangan Komponen Struktural

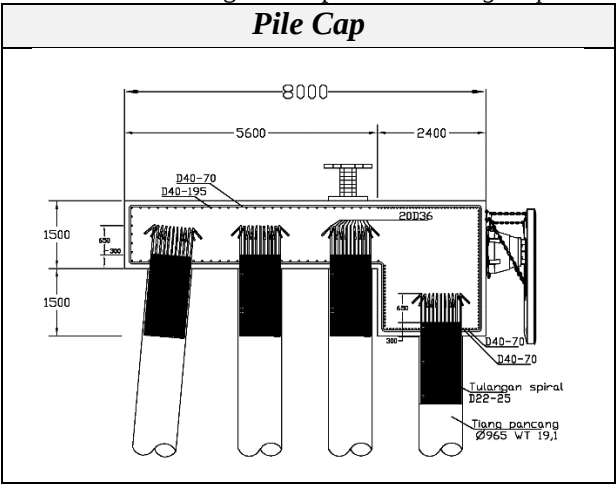
Penulangan komponen struktural terdiri dari balok, pelat, dan *pile cap* untuk struktur *loading platform* dan penulangan *pile cap* untuk *breasting dolphin* dan *mooring dolphin*. Penulangan komponen pada struktur *loading platform* ditunjukkan pada **Tabel 18**, penulangan komponen pada struktur *breasting dolphin* ditunjukkan pada

Tabel 19, dan penulangan komponen pada struktur *breasting dolphin* ditunjukkan pada Tabel 20.

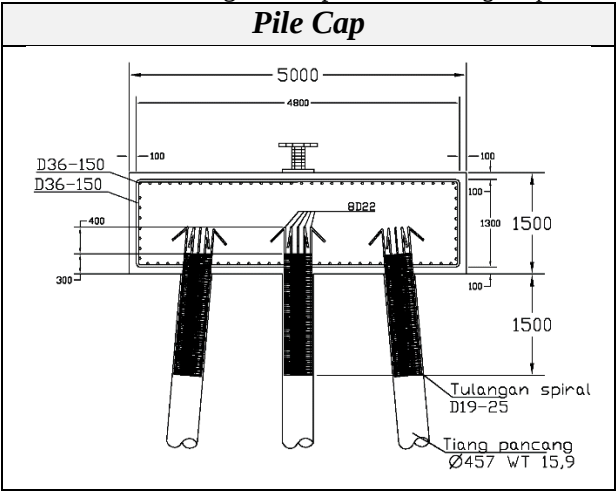
Tabel 18 Penulangan Komponen *Loading platform*



Tabel 19 Penulangan Komponen *Breasting dolphin*



Tabel 20 Penulangan Komponen *Breasting dolphin*



Daya Dukung Tanah

Hasil kedalaman pemancangan tiang pancang pada masing – masing struktur ditunjukkan pada Tabel 21.

Tabel 21 Kedalaman Tiang Pancang

Struktur	Kedalaman Pemancangan
----------	-----------------------

<i>Loading platform</i>	6 meter
<i>Breasting dolphin</i>	6 meter
<i>Breasting dolphin</i>	6 meter
Catatan: Kedalaman pemancangan dihitung dari dasar laut	

KESIMPULAN

1. Dermaga Curah Cair di Kota Cilegon, Banten melayani kegiatan bongkar muat curah cair jenis *alkylbenzene* dengan kapal rencana 12.500 DWT dan 53.000 DWT dengan jenis dermaga *dolphin* tipe *deck on pile*. Detail dan dimensi struktur dermaga dijelaskan sebagai berikut.

- Satu struktur *loading platform* dengan dimensi 15 m × 19 m.
- Empat struktur *breasting dolphin* dengan dimensi 6 m × 8 m.
- Enam struktur *mooring dolphin* dengan dimensi 5 m × 5 m.
- Elevasi lantai dermaga : +3,0 m dari LWS.
- Kedalaman dermaga : -15,0 m dari LWS.

Fasilitas struktur dermaga yang digunakan agar mampu menahan beban – beban pada dermaga adalah sebagai berikut.

- *Super Cone Fender* (SCN 1600 E_{0.9})
 - Kapasitas : 1382 kNm
 - Reaksi *fender* : 1670 kN
 - Ukuran panel : 2,6 m × 3 m
- *T-head Bollard*
 - Kapasitas : 22,5 ton.

2. Dermaga dirancang agar dapat menahan beban – beban yang bekerja di sekitarnya. Rincian beban yang bekerja pada dermaga dijelaskan sebagai berikut.

- Berat sendiri struktur (*dead load*) yang meliputi berat pelat, balok, *pile cap*, dan tiang pancang.

- Beban mati tambahan (*superimposed dead load*) dari fasilitas dermaga yang meliputi *fender*, *bollard*, *loading arm*, *pipe rack*, dan pipa.
- Beban berlabuh kapal (*berthing load*)
- Beban bertambat kapal (*mooring load*) akibat angin dan arus.
- Beban lingkungan yang meliputi beban arus, gelombang, dan gempa.

3. Detail elemen untuk tiap – tiap struktur dermaga adalah sebagai berikut.

- *Loading Platform*
 - Tiang pancang
 - Material : ASTM A252 Grade 2
 - Diameter : 610 mm
 - Tebal : 12,7 mm
 - Balok Biasa
 - Dimensi : 4000 mm × 750 mm × 500 mm
 - Tulangan lentur atas : 5D22
 - Tulangan lentur bawah : 5D22
 - Tulangan sengkang : D10-150
 - Balok Kantilever
 - Dimensi : 1500 mm × 750 mm × 500 mm
 - Tulangan lentur atas : 5D19
 - Tulangan lentur bawah : 5D19
 - Tulangan sengkang : D10-165
 - Pelat Tengah
 - Dimensi : 4000 mm × 4000 mm × 200 mm

- Tulangan lentur atas arah-x : D13-200
- Tulangan lentur bawah arah-x : D13-200
- Tulangan lentur atas arah-y : D13-200
- Tulangan lentur bawah arah-y : D13-200
- Pelat Tepi
 - Dimensi : 4000 mm × 1500 mm × 200 mm
 - Tulangan lentur atas arah -x : D13-200
 - Tulangan lentur bawah arah-x : D13-200
 - Tulangan lentur atas arah-y : D13-200
 - Tulangan lentur bawah arah-y : D13-200
- Pelat Sudut
 - Dimensi : 1500 mm × 1500 mm × 200 mm
 - Tulangan lentur atas arah -x : D13-200
 - Tulangan lentur bawah arah-x : D13-200
 - Tulangan lentur atas arah-y : D13-200
 - Tulangan lentur bawah arah-y : D13-200
- *Pile Cap*
 - Dimensi : 1800 mm × 1800 mm × 1500 mm
 - Tulangan lentur arah-x : D22-40
 - Tulangan lentur arah-y : D22-40
- Tulangan Dowel : 16D25, perpanjangan 450 mm
- Tulangan Spiral : D19-25
- *Breasting Dolphin*
 - Tiang Pancang
 - Material : ASTM A252 Grade 2
 - Diameter : 965 mm
 - Tebal : 19,1 mm
 - *Pile Cap*
 - Dimensi : 6000 mm × 8000 mm × 1500 mm
 - Tebal *Plank Fender* : 3000 mm
 - Tulangan lentur arah-x : D40-70 (*plank fender*), D40-195
 - Tulangan lentur arah y : D40-70
 - Tulangan Dowel : 20D36, perpanjangan 650 mm
 - Tulangan Spiral : D22-25
- *Mooring Dolphin*
 - Tiang Pancang
 - Material : ASTM A252 Grade 2
 - Diameter : 457 mm
 - Diameter : 15,9 mm
 - *Pile Cap*
 - Dimensi : 5000 mm × 5000 mm × 1500 mm
 - Tulangan lentur arah -x : D36-150
 - Tulangan lentur arah-y : D36-150

- Tulangan Dowel : 8D22
 - Tulangan Spiral : D19-25
4. Kedalaman rencana pemancangan pondasi tiang pancang untuk masing – masing struktur sesuai daya dukung yang dibutuhkan adalah sebagai berikut.
- Struktur *loading platform* dipancang hingga kedalaman 6 m dari dasar laut.
 - Struktur *breasting dolphin* dipancang hingga kedalaman 8 m dari dasar laut.
 - Struktur *mooring dolphin* dipancang hingga kedalaman 6 m dari dasar laut.

DAFTAR PUSTAKA

Adisyastuti, Sri Murti. *Slide Mata Kuliah Beton Bertulang*. Bandung: ITB.

Badan Standardisasi Nasional. 2016. *SNI 1725:2016 Pembebanan untuk Jembatan*. Jakarta: BSN.

British Standard. (1994). *BS 6349-4 Code of Practice for Design of Fendering and Mooring System*. London: BSI.

British Standard. (2000). *BS 6349-1 Code of Practice for General Criteria*. London: BSI.

British Standard. (2010). *BS 6349-2 Code of practice for the design of Quay Wall, Jetties, and Dolphin*. London: BSI.

Das, Braja M. 2011. *Principles of Foundation Engineering*. Stamford: CENGAGE Learning.

Fentek Marine System GmbH. 2010. *Fentek Marine Fendering System*. Rigmarine.

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.

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.

Wight, James K. dan James G. MacGregor. 2012. *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. New Jersey: Pearson Education, Inc.

—. 2012. *SNI 1726:2012 Perancangan Bangunan Tahan Gempa*. Jakarta: BSN.

—. 2015. *SNI 1729:2015 Spesifikasi Bangunan Baja Struktural*. Jakarta: BSN.

—. 2013. *SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.