

**DESAIN STRUKTUR *LIQUID BERTH*
BERDASARKAN METODE PERANCANGAN
BRITISH STANDARD PADA *OSEIL FIELD*
DEVELOPMENT PROJECT MALUKU**

TUGAS AKHIR

Karya tulis sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana

Oleh
Fauzi Septian Wijaya
NIM 15516040



Program Studi Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG
2020

Lembar Pengesahan

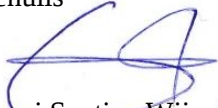
Tugas Akhir Sarjana

**DESAIN STRUKTUR *LIQUID BERTH* BERDASARKAN
METODE PERANCANGAN *BRITISH STANDARD* PADA
OSEIL FIELD DEVELOPMENT PROJECT MALUKU**

Adalah benar dibuat oleh saya sendiri dan belum pernah dibuat dan diserahkan sebelumnya baik sebagian atau pun seluruhnya, baik oleh saya maupun orang lain, baik di ITB maupun institusi pendidikan lainnya.

Bandung, 25 Juni 2020

Penulis



Fauzi Septian Wijaya
NIM 15516040



Bandung, 25 Juni 2020

Pembimbing



Ir. Sri Murti Adiyastuti, M.Sc., Ph.D.
NIP 19620407 199512 2 001

Mengetahui:

Program Studi Teknik Kelautan
Ketua,



Ir. Andoyo Wurjanto, MCE., Ph.D.
NIP 1960330 198503 1 007

**DESAIN STRUKTUR LIQUID BERTH BERDASARKAN METODE PERANCANGAN
BRITISH STANDARD PADA OSEIL FIELD DEVELOPMENT PROJECT MALUKU**

***Design of Berth Liquid Structure Based on British Standard Design Method in Maluku Oseil
Field Development Project***

Fauzi Septian Wijaya¹ dan Sri Murti Adiyastuti²

Program Studi Teknik Kelautan
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan
Institut Teknologi Bandung
Jl. Ganesha 10 Bandung 40132

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

Abstrak: Indonesia merupakan salah satu negara penghasil migas terbesar di Asia. Produksi dari migas ini digunakan untuk memenuhi kebutuhan sumber daya energi dalam negeri dan digunakan pula sebagai komoditas ekspor ke luar negeri. Oleh sebab itu dibutuhkan infrastruktur penunjang yang memadai salah satunya untuk transportasi produksi migas yakni pelabuhan yang di dalamnya terdapat struktur dermaga. Salah satu perusahaan migas di Indonesia yang memiliki sendiri dermaga untuk proses transportasi produknya adalah *Citic Seram Energy Ltd*, yang beroperasi di lapangan Oseil blok Seram Non-Bula, Provinsi Maluku.

Tugas Akhir ini akan membahas perencanaan perancangan struktur dermaga curah cair (*Liquid Berth*) bertipe *dolphin deck on pile* dengan metode perancangan *British Standard* pada *Oseil Field Development Project* Maluku yang melayani komoditas minyak mentah dan gas berat *High Sulfur Fuel Oil* (HSFO). Dermaga yang direncanakan terdiri dari tiga struktur utama *dolphin* yakni *loading platform*, *breasting dolphin*, dan *mooring dolphin*. Tahap awal dalam perancangan dermaga ini adalah dengan cara mengumpulkan data sekunder yang terdiri dari data lingkungan dan data rencana operasional dermaga. Pengolahan data ditujukan untuk memperoleh nilai desain sebagai dasar dalam tahap *preliminary design* dari dermaga tersebut. Struktur dermaga yang direncanakan harus kuat menahan gaya vertikal maupun horizontal akibat dari pengaruh lingkungan dan akibat kegiatan operasi di dermaga itu sendiri.

Dari tahap *preliminary design* akan diperoleh dimensi struktur dermaga dan dimensi elemen strukturalnya yang kemudian akan dilakukan pemodelan struktur menggunakan perangkat lunak analisis struktur. Dalam tahap pemodelan ini akan didapatkan gambaran performa dari struktur yang direncanakan terhadap gaya-gaya yang bekerja. Hasil dari pemodelan struktur berupa nilai *unity check ratio* (UCR), defleksi, gaya dalam, serta reaksi perletakan dari struktur dermaga tersebut. Gaya dalam yang diperoleh selanjutnya akan digunakan untuk melakukan proses penulangan elemen struktural dermaga. Tahapan terakhir dari perancangan dermaga dalam Tugas Akhir ini adalah menghitung daya dukung tanah untuk mengetahui seberapa dalam tiang pancang yang akan digunakan sehingga mampu menahan reaksi perletakan dari struktur dermaga yang didasarkan pada data geoteknik yang tersedia.

Hasil akhir dari Tugas Akhir ini berupa dimensi struktur dermaga serta penulangan elemen struktural dermaga dan kedalaman tiang pancang.

Kata Kunci: *Dermaga, Dolphin, Curah Cair, Migas, British Standard*

Abstract: Indonesia is one of the largest oil and gas producing countries in Asia. Production from oil and gas is used to meet the needs of domestic energy resources and is also used as an export commodity abroad. Therefore, adequate supporting infrastructure is needed, one of which is for transportation of oil and gas production, namely a port in which there is a pier structure. One oil and gas company in Indonesia which has its own wharf for the transportation of its products is *Citic Seram Energy Ltd*, which operates in the Oseil field of the Non-Bula Seram block, Maluku Province.

This Final Project will discuss the planning of the design of the structure of the liquid bulk dock (*Liquid Berth*) type *dolphin deck on pile* with the *British Standard* design method in the *Maluku Field Development Project* serving the crude oil commodity and heavy gas *High Sulfur Fuel Oil* (HSFO). The planned wharf consists of three main *dolphin* structures namely *loading platform*, *breasting dolphin*, and *mooring dolphin*. The initial stage in designing the pier is by collecting

secondary data consisting of environmental data and data from the pier's operational plan. Data processing is intended to obtain design values as a basis for the preliminary design stage of the pier. The planned pier structure must be strong enough to withstand both vertical and horizontal forces due to environmental influences and due to operating activities on the pier itself.

From the preliminary design stage, it will be obtained the dimensions of the pier structure and the dimensions of the structural elements which will then be carried out structural modeling using structural analysis software. In this modeling phase will get a picture of the performance of the planned structure of the forces at work. The results of structural modeling are unity check ratio (UCR), deflection, internal forces, and placement reactions of the pier structure. The inner force obtained will then be used to carry out the reinforcement of the structural elements of the pier. The final stage of the design of the pier in this Final Project is to calculate the carrying capacity of the soil to find out how deep the pile will be used so that it is able to withstand the placement reaction of the pier structure based on available geotechnical data.

The final results of this Final Project are the dimensions of the pier structure and reinforcement of the structural elements of the pier and the depth of the pile.

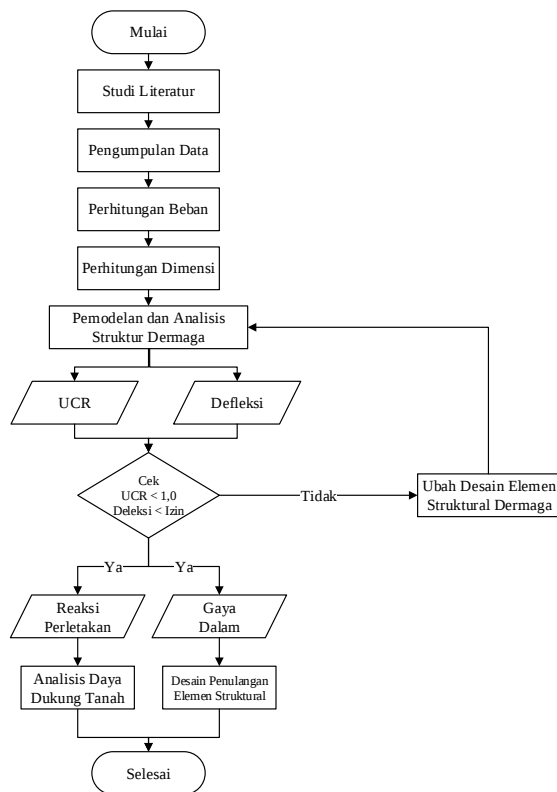
Keywords: Pier, Dolphin, Liquid Bulk, Oil and Gas, British Standard

PENDAHULUAN

Salah satu penghasil *crude oil* dan *natural gas* terbesar di Indonesia berada di wilayah Maluku khususnya di lapangan Blok Seram Non-Bula. Ada dua belas sumur pada Blok Seram Non-Bula yakni lapangan Oseil 1 hingga Oseil 11 dan lapangan Oseil Tenggara 1. Hingga bulan Juni 2011 lapangan Oseil telah memproduksi *crude oil* sebesar 9.919.204 barel dan 5.079 MMCF *natural gas*. *Crude oil* yang dihasilkan kemudian diolah menjadi HSFO (*High Sulfur Fuel Oil*) dan *Naphtha*. Untuk melayani komoditas ekspor curah cair yakni *crude oil* dan *natural gas* dibangun dermaga curah cair dengan tipe *dolphin* di lapangan tersebut.

TEORI DAN METODOLOGI

Metodologi dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Sebuah dermaga memiliki dimensi umum yang terdiri dari elevasi dermaga, kedalaman perairan, dan *layout* dermaga.

Beban horizontal yang bekerja pada dermaga terdiri dari beban *berthing*, *mooring*, gelombang, arus, dan gempa. Untuk beban *berthing* dan beban *mooring* akan ditinjau berdasarkan ketentuan *British Standard*. Beban *berthing* dapat dihitung menggunakan persamaan (1).

$$E_N = 0.5 C_M M_D (V_B)^2 C_E C_S C_C \quad (1)$$

E : Energi *berthing* (kNm)
 C_M : Koefisien massa hidrodinamik
 M_D : Massa *displacement* kapal (ton)
 V_B : Kecepatan kapal berlabuh (m/s)
 C_E : Koefisien eksentrisitas
 C_S : Koefisien *softness*
 C_C : Koefisien konfigurasi *berthing*

Beban *mooring* akibat angin dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2) dan (3).

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

$$F_{LW} = C_{LW} \rho_A A_L V_W^2 \times 10^{-4} \quad (3)$$

F_{TW} : Gaya angin transversal (kN)
 F_{LW} : Gaya angin longitudinal (kN)
 C_{TW} : Koefisien angin transversal
 C_{LW} : Koefisien angin longitudinal
 ρ_A : Massa jenis angin (kg/m³)
 A_L : Area proyeksi kapal (m²)
 V_W : Kecepatan angin desain (m/s)

Beban *mooring* akibat arus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (4) dan (5).

$$F_{TC} = C_{TC} C_{CT} \rho L_{BP} d_m V_C^2 \times 10^{-4} \quad (4)$$

$$F_{LC} = C_{LC} C_{CL} \rho L_{BP} d_m V_C^2 \times 10^{-4} \quad (5)$$

F_{TC} : Gaya arus transversal (kN)
 F_{LC} : Gaya arus longitudinal (kN)
 C_{TC} : Koefisien arus transversal
 C_{LC} : Koefisien arus longitudinal
 C_{CT} : Koreksi kedalaman transversal
 C_{CL} : Koreksi kedalaman longitudinal
 ρ : Massa jenis air laut (kg/m³)
 L_{BP} : Panjang garis air kapal (m)
 d_m : Draft rata-rata kapal (m)
 V_C : Kecepatan arus (m/s)

Beban vertikal dermaga terdiri dari beban mati, mati *superimposed*, hidup, dan manusia.

Penulangan dilakukan untuk elemen balok, pelat, serta *pile cap* yang terdiri dari tulangan lentur dan tulangan geser. Prinsip untuk mendesain tulangan lentur menggunakan persamaan (6).

$$\phi M_n \geq M_u \quad (6)$$

ϕ : Faktor reduksi
 M_n : Momen nominal (kN)
 M_u : Momen ultimit (kN)

Prinsip untuk mendesain tulangan geser menggunakan persamaan (7).

$$\phi V_n \geq V_u \quad (7)$$

ϕ : Faktor reduksi

V_n : Kuat geser nominal (kN)
 V_u : Gaya geser ultimit (kN)

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini pula didesain seberapa panjang tiang pancang yang akan digunakan untuk menahan reaksi perletakan yang dihasilkan dari tiang pancang itu sendiri. Untuk menentukan seberapa besar kapasitas izin yang mampu ditahan tiang pancang digunakan persamaan (8) dan persamaan (9).

$$Q_u = Q_p + Q_s \quad (8)$$

Q_u : Kapasitas ultimit tiang pancang (kN)
 Q_p : Daya dukung friksi tiang pancang (kN)
 Q_s : Daya dukung ujung tiang (kN)

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{FS} \quad (9)$$

Q_{all} : Daya dukung izin tiang pancang (kN)
 Q_u : Kapasitas ultimit tiang pancang (kN)
 FS : Faktor keamanan (kN)

HASIL DAN ANALISIS

A. DATA SEKUNDER

Data sekunder yang diperlukan meliputi data lingkungan, karakteristik kapal, dan operasional.

a. Data Lingkungan

Data lingkungan yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Lingkungan

No	Parameter	Nilai
1	Kecepatan angin maksimum	11,43 m/s dari barat
2	Elevasi muka air	
	Tunggang Pasang	2,04 m
	Highest Water Spring (HWS)	(+) 0,92 m MSL
	Mean High Water Spring (MHWS)	(+) 0,72 m MSL
	Mean High Water Level (MHWL)	(+) 0,49 m MSL
	Mean Sea Level (MSL)	0,00 m
	Mean Low Water Level (MLWL)	(-) 0,46 m MSL
	Mean Low Water Spring (MLWS)	(-) 0,93 m MSL
	Lowest Water Spring (LWS)	(-) 1,12 m MSL
	Kecepatan arus maksimum	0,51 m/s

b. Data Karakteristik Kapal

Data karakteristik kapal yang digunakan adalah kapal SANKO ADVANCE 9259692 dengan kapasitas 85.000 DWT.

c. Data Operasional

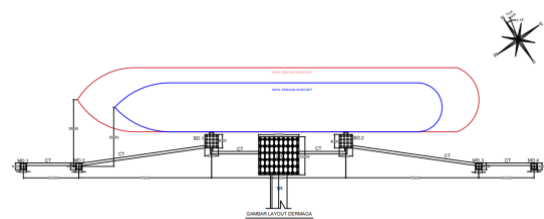
Data operasional yang digunakan yaitu *loading arm* tipe *Jib Crane* dari *Taekwang Precision Co.,Ltd.* dan mobil inspeksi *Toyota Hilux Double Cabin 2.5G 4x4*.

B. LAYOUT DERMAGA

Dimensi untuk dermaga ditunjukkan pada Tabel 2, sedangkan untuk *layout* dermaga ditunjukkan pada Gambar 2.

Tabel 2 Dimensi Dermaga

No	Parameter	Nilai
1	Elevasi dermaga	(+) 4,5 m dari <i>Lowest Water Spring</i>
2	Kedalaman perairan	(-) 16,0 m dari <i>Lowest Water Spring</i>



Gambar 2 *Layout* Dermaga

C. BEBAN DERMAGA

Beban yang bekerja pada dermaga terdiri dari beban horizontal dan beban vertikal.

a. Beban Berthing

Beban *berthing* yang bekerja pada dermaga ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Beban *Berthing* pada Dermaga

No	Parameter	Nilai
1.	Energi <i>berthing</i> (E_B)	1685,8 kNm
2	Energi Abnormal	
	<i>Safety factor</i> (SF)	1.5
	Energi abnormal (E_A)	2528,7 kNm
3	Jenis <i>Fender</i>	
	Tipe <i>fender</i>	SCN 1800 - E1.6
	Energi maksimum (E_r)	2539 kNm
	Reaksi maksimum (R_r)	2728 kN
	Lebar panel <i>fender</i>	3 m
	Tinggi panel <i>fender</i>	4 m
	Luas panel <i>fender</i>	12 m ²

b. Beban Mooring

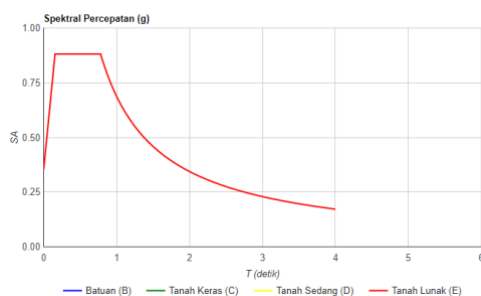
Beban *mooring* yang terjadi pada dermaga ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4 Beban *Mooring* pada Dermaga

No	Parameter	Nilai
1	Beban <i>Mooring</i>	
	<i>Breast lines</i> arah x	0 kN
	<i>Breast lines</i> arah y	200,05 kN
	<i>Breast lines</i> arah z	93,28 kN
	<i>Spring lines</i> arah x	34,74 kN
	<i>Spring lines</i> arah y	197,01 kN
	<i>Spring lines</i> arah z	93,28 kN
	<i>Head/stern lines</i> arah x	141,45 kN

No	Parameter	Nilai
	Head/stern lines arah y	141,45 kN
	Head/stern lines arah z	93,28 kN

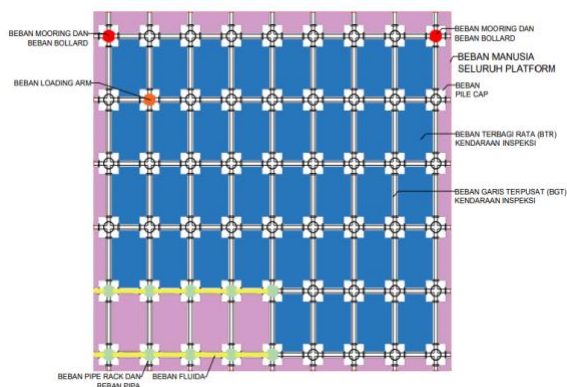
- c. **Beban Gelombang**
Beban gelombang yang bekerja pada dermaga dihitung berdasarkan parameter gelombang dengan tinggi 1,45 m dan periode 6,13 s.
- d. **Beban Arus**
Beban arus yang terjadi pada lokasi dermaga adalah kecepatan arus desain yaitu sebesar 0.51 m/s.
- e. **Beban Gempa**
Grafik respons spektrum gempa yang terjadi pada lokasi dermaga ditunjukkan pada Gambar 3.



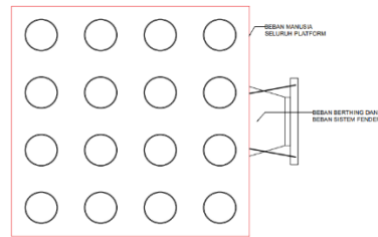
Gambar 3 Grafik Respon Spektrum Gempa

- f. **Beban Hidup**
Beban hidup tipikal yang bekerja pada dermaga terbagi menjadi beban muatan curah cair 3,15 kN/m, beban manusia 5 kN/m², beban kendaraan inspeksi 10 kN/m² terbagi rata dan beban garis terpusat sebesar 30 kN/m.
- g. **Beban Mati Superimposed**
Beban mati *superimposed* terdiri dari beban *fender* 64,92 kN, beban panel *fender* 47,09 kN, beban *bollard* 1,08 kN, beban *loading arm* 311,96 kN, beban *pipe rack* 20 kN, dan beban pipa penyalur 6,75 kN.

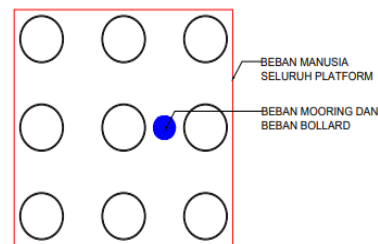
Lokasi pembebanan untuk struktur *loading platform*, *breasting dolphin*, dan *mooring dolphin* ditunjukkan pada Gambar 4 sampai Gambar 6.



Gambar 4 Pembebanan pada Loading Platform



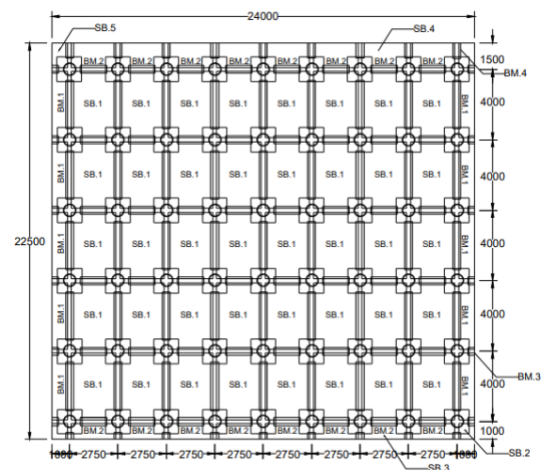
Gambar 5 Pembebanan pada Breasting Dolphin



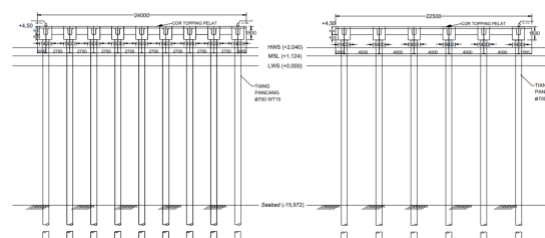
Gambar 6 Pembebanan pada Mooring Dolphin

D. LOADING PLATFORM

Ukuran dan dimensi dari *loading platform* untuk tampak atas, depan, dan samping ditunjukkan pada Gambar 7 dan Gambar 8.

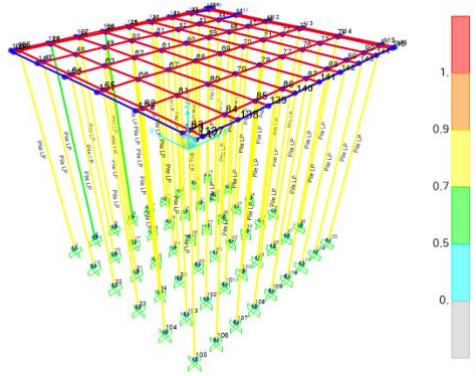


Gambar 7 Tampak Atas Loading Platform



Gambar 8 Tampak Depan dan Samping Loading Platform

Output nilai UCR untuk struktur *loading platform* berkisar antara nilai 0,69 sampai 0,85 yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9 Nilai UCR pada *Loading Platform*

Defleksi maksimum untuk tiang pancang *loading platform* ditunjukkan pada Tabel 5 dan defleksi maksimum untuk balok *loading platform* ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 5 Defleksi Maksimum Tiang Pancang *Loading Platform*

Joint	Type Beban	Arah	Load Combination	Defleksi Izin (cm)	Defleksi (cm)	Keterangan
83	British Standard	U1	SLS7.1	8,33	6,36	OK
42		U2	SLS8.2		6,32	OK
83	Beban Tetap	U1	SLS4.1	5	0,95	OK
91		U2	SLS3.1A		1,80	OK
83	Beban Sementara	U1	SLS7.1	12,5	6,36	OK
42		U2	SLS8.2		6,32	OK

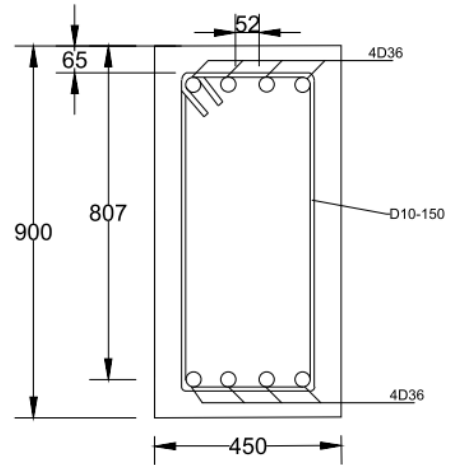
Tabel 6 Defleksi Maksimum Balok *Loading Platform*

Joint	Jenis Standard	Load Combination	Displacement	Defleksi Izin (cm)	Defleksi (cm)	Keterangan
75	British Standard	SLS8.2	U3	2,00	0,36	OK
75		SLS8.1	U3	1,38	0,36	OK
120		SLS8.1	U3	0,83	0,19	OK
75	SNI	SLS8.2	U3	0,83	0,36	OK
75		SLS8.1	U3	0,57	0,36	OK
120		SLS8.1	U3	0,31	0,19	OK

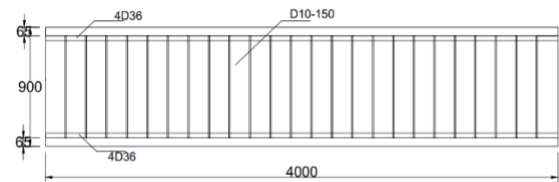
Detail penulangan balok *loading platform* ditunjukkan pada Gambar 10 dan Gambar 11.

Detail penulangan pelat *loading platform* ditunjukkan pada Gambar 12.

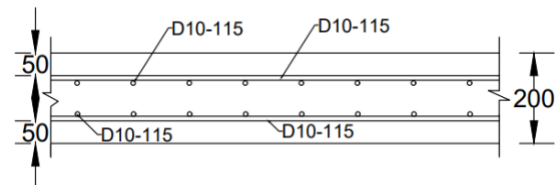
Detail penulangan *pile cap loading platform* ditunjukkan pada Gambar 13.



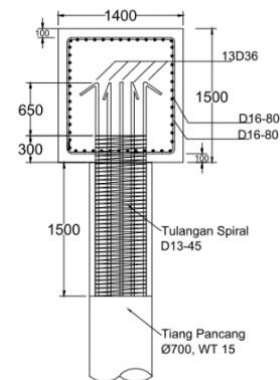
Gambar 10 Detail Penampang Balok *Loading Platform*



Gambar 11 Detail Tampak Samping Balok *Loading Platform*



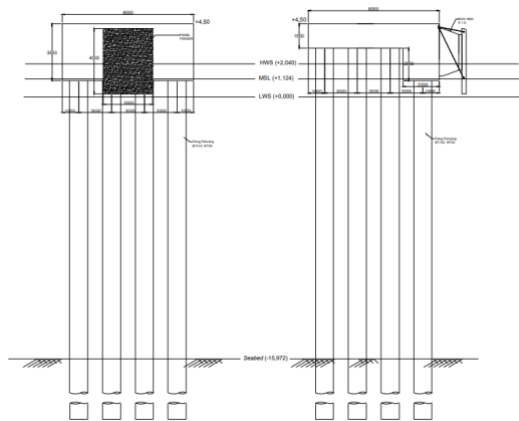
Gambar 12 Detail Potongan Tampak Samping Pelat *Loading Platform*



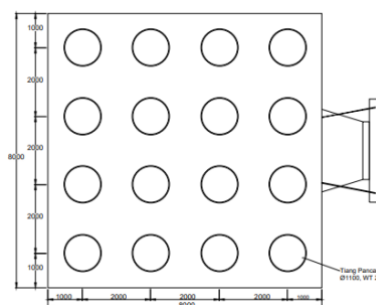
Gambar 13 Detail Tulangan *Pile Cap Loading Platform*

E. BREASTING DOLPHIN

Breasting dolphin untuk struktur dermaga dalam Tugas Akhir ini memiliki ukuran 8 m x 8 m dengan detail seperti yang terlihat pada Gambar 14 dan Gambar 15.

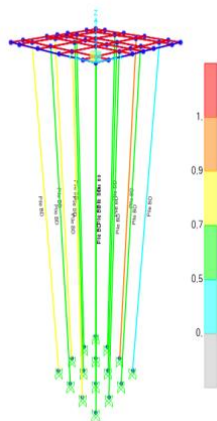


Gambar 14 Breasting Dolphin Tampak Depan dan Samping



Gambar 15 Breasting Dolphin Tampak Atas

Output nilai UCR untuk struktur *breasting dolphin* berkisar antara nilai 0,45 sampai 0,90 yang ditunjukkan pada Gambar 16.



Gambar 16 Nilai UCR pada Breasting Dolphin

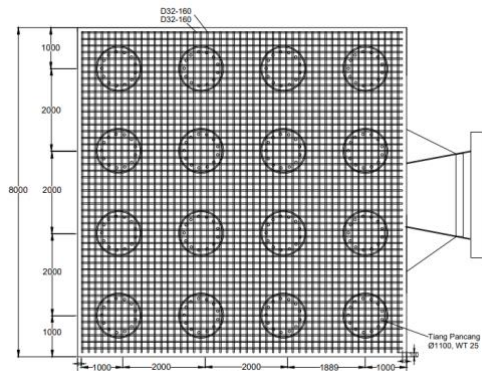
Defleksi maksimum untuk tiang pancang *breasting dolphin* ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 7 Defleksi Maksimum Tiang Pancang Breasting Dolphin

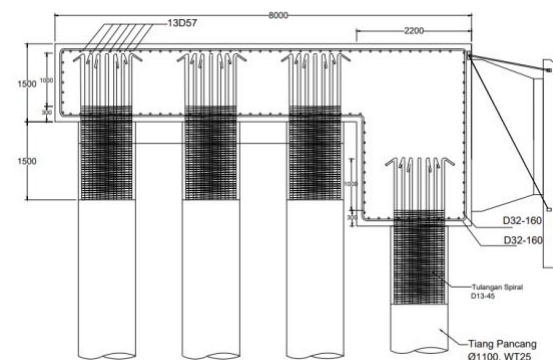
Joint	Tipe Beban	Arah	Load Combination	Defleksi Izin (cm)	Defleksi (cm)	Keterangan
21	British Standard	U1	SLS8.2	9	6,75	OK
24		U2	SLS8.2		7,27	OK
9	Beban Tetap	U1	SLS4.1	5,4	0,21	OK
12		U2	SLS4.4		0,24	OK

Joint	Tipe Beban	Arah	Load Combination	Defleksi Izin (cm)	Defleksi (cm)	Keterangan
21	Beban Sementara	U1	SLS8.2	13,5	6,75	OK
24		U2	SLS8.2		7,27	OK

Detail penulangan *pile cap breasting dolphin* ditunjukkan pada Gambar 17 dan Gambar 18.



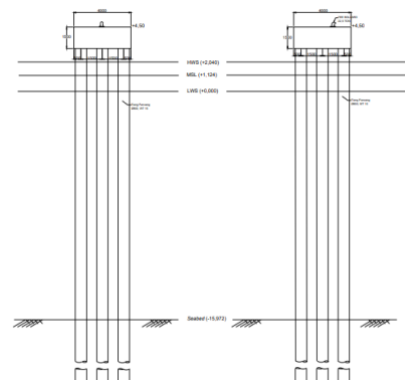
Gambar 17 Detail Tulangan Pile Cap Breasting Dolphin Tampak Atas



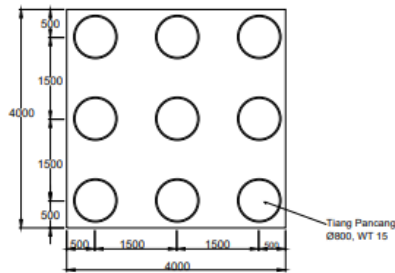
Gambar 18 Detail Tulangan Pile Cap Breasting Dolphin Tampak Samping

F. MOORING DOLPHIN

Mooring dolphin untuk struktur dermaga dalam Tugas Akhir ini memiliki ukuran 4 m x 4 m dengan detail seperti yang terlihat pada Gambar 19 dan Gambar 20.

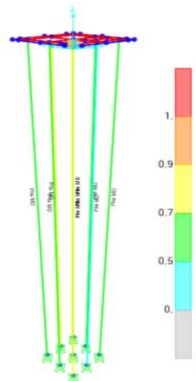


Gambar 19 Mooring Dolphin Tampak Depan dan Samping



Gambar 20 Mooring Dolphin Tampak Atas

Output nilai UCR untuk struktur *mooring dolphin* berkisar antara nilai 0,44 sampai 0,86 yang ditunjukkan pada Gambar 21.



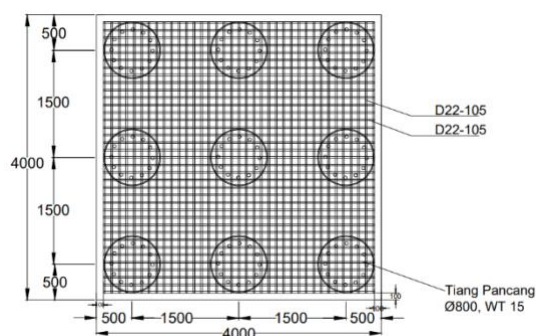
Gambar 21 Nilai UCR pada Mooring Dolphin

Defleksi maksimum untuk tiang pancang *mooring dolphin* ditunjukkan pada Tabel 8.

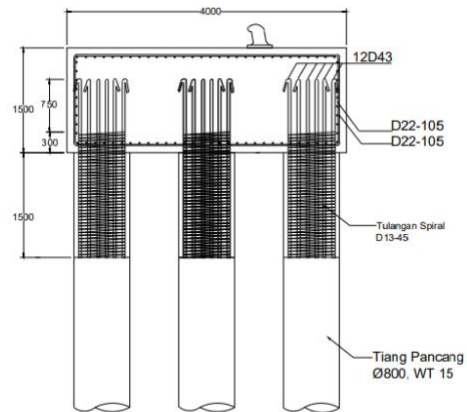
Tabel 8 Defleksi Maksimum Tiang Pancang Mooring Dolphin

Joint	Tipe Beban	Arah	Load Combination	Defleksi Izin (cm)	Defleksi (cm)	Keterangan
17	British Standard	U1	SLS8.2	8,67	7,14	OK
17		U2	SLS8.2		7,72	OK
26	Beban Tetap	U1	SLS4.1	5,2	0,58	OK
17		U2	SLS4.4		0,72	OK
17	Beban Sementara	U1	SLS8.2	13	7,14	OK
17		U2	SLS8.2		7,72	OK

Detail penulangan *pile cap mooring dolphin* ditunjukkan pada Gambar 22 dan Gambar 23.



Gambar 22 Detail Tulangan Pile Cap Mooring Dolphin Tampak Atas



Gambar 23 Detail Tulangan Pile Cap Mooring Dolphin Tampak Samping

G. DAYA DUKUNG TANAH

Parameter perhitungan daya dukung tanah untuk *loading platform* ditunjukkan pada Tabel 9.

Tabel 9 Parameter Perhitungan Daya Dukung Tanah Loading Platform

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Diamater Luar	D	0,7	m
Tebal Tiang Pancang	t	0,015	m
Luas Penampang <i>Pulgged</i>	A_p	0,385	m ²
Keliling Penampang	p	2,199	mm
Koefisien Tekanan Tanah	K	1,26	-
Berat Jenis Efektif <i>Clay</i>	γ'_{clay}	2	kN/m ³
Berat Jenis Efektif <i>Sand</i>	γ'_{sand}	3	kN/m ³

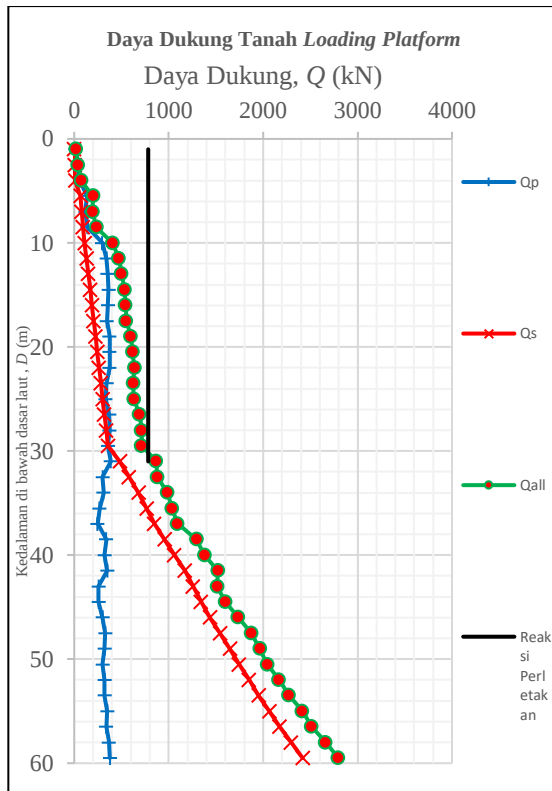
Untuk hasil daya dukung tanah pada *loading platform* didapatkan hasil kapasitas izin tiang pancang yang memenuhi nilai rekasi perletakan tiang pancang yakni sebesar 870,38 kN pada kedalaman 31 m dari dasar laut. Hasil lengkap daya dukung tanah untuk *loading platform* ditunjukkan pada Gambar 24.

Parameter perhitungan daya dukung tanah untuk *breasting dolphin* ditunjukkan pada Tabel 10.

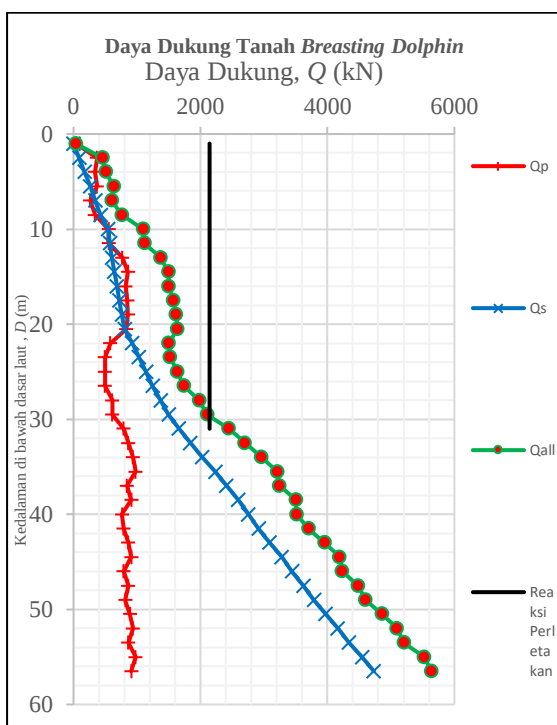
Tabel 10 Parameter Perhitungan Daya Dukung Tanah Breasting Dolphin

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Diamater Luar	D	1,1	m
Tebal Tiang Pancang	t	0,025	m
Luas Penampang <i>Pulgged</i>	A_p	0,950	m ²
Keliling Penampang	p	3,456	mm
Koefisien Tekanan Tanah	K	1,26	-
Berat Jenis Efektif <i>Clay</i>	γ'_{clay}	2	kN/m ³
Berat Jenis Efektif <i>Sand</i>	γ'_{sand}	3	kN/m ³

Untuk hasil daya dukung tanah pada *breasting dolphin* didapatkan hasil kapasitas izin tiang pancang yang memenuhi nilai rekasi perletakan tiang pancang yakni sebesar 2451,46 kN pada kedalaman 31 m dari dasar laut. Hasil lengkap daya dukung tanah untuk *breasting dolphin* ditunjukkan pada Gambar 25.



Gambar 24 Daya Dukung Tanah Loading Platform



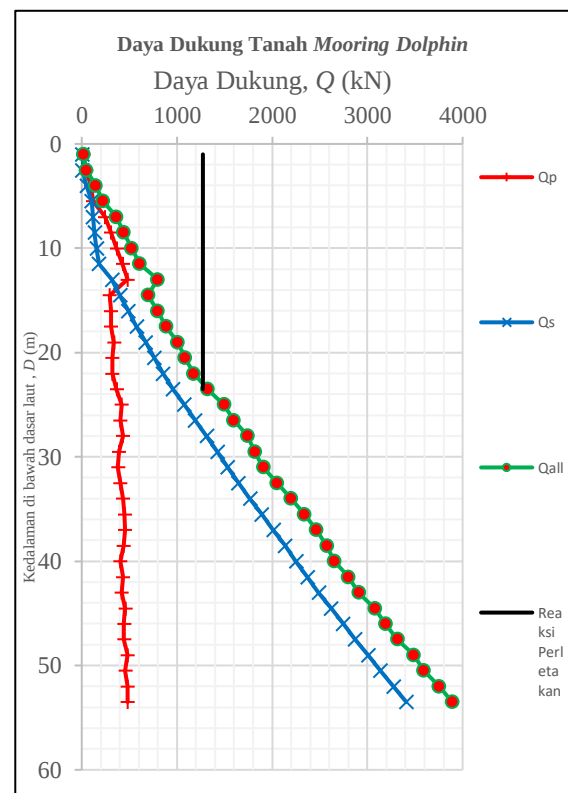
Gambar 25 Daya Dukung Tanah Breasting Dolphin

Parameter perhitungan daya dukung tanah untuk *mooring dolphin* ditunjukkan pada Tabel 11.

Tabel 11 Parameter Perhitungan Daya Dukung Tanah *Mooring Dolphin*

Parameter	Simbol	Nilai	Satuan
Diameter Luar	D	0,8	m
Tebal Tiang Pancang	t	0,015	m
Luas Penampang <i>Pulged</i>	A_p	0,503	m ²
Keliling Penampang	p	2,513	mm
Koefisien Tekanan Tanah	K	1,26	-
Berat Jenis Efektif Clay	γ'_{clay}	2	kN/m ³
Berat Jenis Efektif Sand	γ'_{sand}	3	kN/m ³

Untuk hasil daya dukung tanah pada *mooring dolphin* didapatkan hasil kapasitas izin tiang pancang yang memenuhi nilai rekasi perletakan tiang pancang yakni sebesar 1321,23 kN pada kedalaman 23,5 m dari dasar laut. Hasil lengkap daya dukung tanah untuk *mooring dolphin* ditunjukkan pada Gambar 26.



Gambar 26 Daya Dukung Tanah Mooring Dolphin

SIMPULAN DAN SARAN

A. SIMPULAN

Perancangan struktur dermaga pada Tugas Akhir ini menghasilkan kesimpulan sebagai berikut:

1. *Liquid Berth* pada *Oseil Field Development Project* ini melayani operasi muat minyak dan gas dengan kapal rencana terbesar 85.000 DWT (*Tanker*) dan kapal rencana terkecil berukuran 36.000 DWT dengan tipe struktur dermaga *dolphin* dimana detail dan dimensi struktur dermaga dijelaskan sebagai berikut:
 - *Loading platform* 24 m × 22,5 m
 - Dua buah *breasting dolphin* 8 m × 8 m
 - Empat buah *mooring dolphin* 4 m × 4 m
 - Elevasi lantai dermaga = +4,5 m dari LWS
 - Kedalaman dermaga = -16 m dari LWS
 2. Struktur dermaga direncanakan untuk mampu memikul kombinasi beban yang bekerja meliputi:
 - Berat sendiri dari struktur (*dead load*) yang terdiri dari elemen struktural dermaga seperti tiang pancang, *pile cap*, pelat, dan balok.
 - Beban mati tambahan (*superimposed dead load*) yang berasal dari fasilitas-fasilitas dermaga seperti *bollard*, sistem *fender*, *loading arm*, *pipe rack*, dan pipa penyalur.
 - Beban hidup yang bekerja seperti beban kendaraan inspeksi, beban fluida, dan beban manusia.
 - Beban yang diakibatkan oleh berlabuhnya kapal (*berthing load*).
 - Beban yang diakibatkan oleh bertambatnya kapal (*mooring load*) akibat pengaruh angin dan arus.
 - Beban lingkungan yang bekerja terhadap struktur dermaga meliputi beban arus, beban gelombang, dan beban gempa.
 3. Komponen struktur dermaga yang berfungsi untuk menahan beban *mooring* dan beban *berthing* kapal rencana terbesar 85.000 DWT dirancang sebagai berikut:
 - *Bollard*
 - Jenis : *Tee-bollard* 22,5 ton (*Trelleborg Marine System*)
 - Fungsi tali : Dua buah *spring lines*, dua buah *breast line*, satu buah *stern line*, dan satu buah *head line*.
 - *Fender*
 - Jenis : SCN1800 E_{1.6} (*Fentek Marine System*)
 - Kapasitas : $E_R = 2539$ kN-m
 - Reaksi fender : $R_f = 2728$ kN
 - *Panel Fender*
 - Dimensi : 3 m × 4 m
 - Tipe layan : *Extreme duty*
 4. Detail elemen struktur *loading platform* dirancang sebagai berikut:
 - 1) Tiang pancang (*Nippon Steel*)
 - Material baja ASTM A525 Grade 2, $f_y = 240$ MPa
 - Diameter = 700 mm
 - Tebal = 15 mm
 - 2) Balok
 - Material beton, $f'_c = 35$ MPa
 - Dimensi = 4000 mm × 450 mm × 900 mm
 - Tebal selimut beton = 65 mm
 - Tulangan lentur sisi bawah = 4D36
 - Tulangan lentur sisi atas = 4D36
 - Tulangan sengkang = D10-150
 - 3) Pelat
 - Material beton, $f'_c = 35$ MPa
 - Dimensi = 4000 mm × 2750 mm × 200 mm
 - Tebal selimut beton = 50 mm
 - Tulangan lentur bawah $x = D10$, spasi = 115 mm
 - Tulangan lentur atas $x = D10$, spasi = 115 mm
 - Tulangan lentur bawah $y = D10$, spasi = 115 mm
 - Tulangan lentur atas $y = D10$, spasi = 115 mm
 - 4) *Pile Cap*
 - Material beton, $f'_c = 35$ MPa
 - Dimensi = 1400 mm × 1400 mm × 1500 mm
 - Tebal selimut beton = 100 mm
 - Tulangan lentur bawah = D16, spasi = 80 mm
 - Tulangan lentur atas = D16, spasi = 80 mm
 - Tulangan dowel = 15D36, perpanjangan = 650 mm
 - Tulangan spiral = D13, spasi = 45 mm
5. Detail elemen struktur *breasting dolphin* dirancang sebagai berikut:
 - 1) Tiang Pancang (*Nippon Steel*)
 - Material baja ASTM A525 Grade 2, $f_y = 240$ MPa
 - Diameter = 1100 mm
 - Tebal = 25 mm
 - 2) *Pile Cap*
 - Material beton, $f'_c = 35$ MPa
 - Dimensi = 8000 mm × 8000 mm × 1500 mm
 - Tebal bagian *plank fender* = 3500 mm
 - Tebal selimut beton = 100 mm
 - Tulangan lentur bawah = D32, spasi = 160 mm
 - Tulangan lentur sisi atas = D32, spasi = 160 mm
 - Tulangan dowel = 19D57, perpanjangan = 1000 mm
 - Tulangan spiral = D13, spasi = 45 mm
6. Detail elemen struktur *mooring dolphin* dirancang sebagai berikut:
 - 1) Tiang Pancang (*Nippon Steel*)
 - Material baja ASTM A525 Grade 2, $f_y = 240$ MPa

- Diameter = 800 mm
 - Tebal = 15 mm
- 2) *Pile Cap*
- Material beton, $f'_c = 35$ MPa
 - Dimensi = 4000 mm × 4000 mm × 1500 mm
 - Tebal selimut beton = 100 mm
 - Tulangan lentur bawah = D22, spasi = 105 mm
 - Tulangan lentur atas = D22, spasi = 105 mm
 - Tulangan dowel = 15D43, perpanjangan = 750 mm
 - Tulangan spiral = D13, spasi = 45 mm
7. Pondasi tiang pancang *loading platform* dirancang untuk dipancang sesuai daya dukung izin tanah yang dibutuhkan yakni sedalam 31 m dari dasar laut.
 8. Pondasi tiang pancang *breasting dolphin* dirancang untuk dipancang sesuai daya dukung izin tanah yang dibutuhkan yakni sedalam 31 m dari dasar laut.
 9. Pondasi tiang pancang *mooring dolphin* dirancang untuk dipancang sesuai daya dukung izin tanah yang dibutuhkan yakni sedalam 23,5 m dari dasar laut.
 10. Perbedaan panjang pondasi tiang pancang untuk masing-masing struktur disebabkan oleh kriteria desain dimana kapasitas izin daya dukung tanah harus sudah menyamai atau bahkan lebih besar dari rekasi perletakan yang dihasilkan struktur.

B. SARAN

Saran yang dapat diberikan dalam pengerjaan Tugas Akhir mengenai struktur dermaga adalah sebagai berikut:

1. Sebaiknya menghindari penggunaan tiang pancang miring untuk mempermudah proses konstruksi.
2. Mempertimbangkan kembali proses pemasangan dan kemudahan penulangan elemen struktural dermaga yang telah dirancang.
3. Detail penulangan yang sudah dirancang sebaiknya dianalisis kembali menggunakan perangkat lunak khusus desain elemen struktural selain SAP2000 untuk memastikan keamanan dan kekuatannya.
4. Pemilihan jumlah dan ukuran tiang pancang sebaiknya dianalisis pula dari segi ekonomi dan kemudahan konstruksi.
5. Perancangan elemen struktural dermaga sebaiknya dianalisis pula dari segi ekonomi dan kemudahan konstruksi.

REFERENSI

Adiyastuti, Sri Murti. 2018. *Slide Mata Kuliah KL3102 Struktur Beton Bertulang*. Bandung: ITB.

- British Standard. 1978. *BS 5400-2 Steel, Concrete and Composite Bridges*. London: BSI.
- British Standard. 1985. *BS 8110-2 Structural Use of Concrete*. London: BSI.
- British Standard. 1994. *BS 6349-4 Code of Practice for Design of Fendering and Mooring System*. London: BSI.
- British Standard. 1997. *BS 8110-1 Structural Use of Concrete*. London: BSI.
- British Standard. 2000. *BS 6349-1 Code of Practice for General Criteria*. London: BSI.
- British Standard. 2004. *BS EN 1998-1 Eurocode 8: Design of Structures for Earthquake Resistance*. 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: CEBGAGE Learning.
- Fentek Marine System GmbH. 2010. *Fentek Marine Fendering System*. Hamburg: Trelleborg.
- Imran, Iswandi dkk. 2014. *Perencanaan Dasar Struktur Beton Bertulang*. Bandung: Penerbit ITB.
- Nippon Steel and Sumitomo Metal. 2016. *Steel Pipe Piles*. Tokyo: Nippon Steel and Sumitomo Metal Corporation.
- Panitia Pembaharuan Peraturan Beton Bertulang 1971. 1971. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971*. Bandung: Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik.
- Standar Nasional Indonesia. 2002. *SNI 1729:2002 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Standar Nasional Indonesia. 2012. *SNI 1726:2012 Perancangan Bangunan Tahan Gempa*. Jakarta: BSN.
- Standar Nasional Indonesia. 2013. *SNI 2847:2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: BSN.
- Standar Nasional Indonesia. 2015. *SNI 1729:2015 Spesifikasi Bangunan Baja Struktural*. Jakarta: BSN.
- Thoresen, Carl A. 2014. *Port Designers Handbook*. London: ICE Publishing.
- Trelleborg Marine System. 2018. *Bollards Product Brochure*. Sweden: Trelleborg.
- 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. and James G. MacGregor. 2012. *Reinforced Concrete Mechanics and Design*. New Jersey: Pearson Education, Inc.