

ANALISIS PERBANDINGAN DESAIN LIQUID BERTH 1 PADA MAGTYMGULY GAS RECYCLING DEVELOPMENT PROJECT DI LAUT KASPIA BERDASARKAN STANDAR OCDI DAN BS

Comparative Analysis of Liquid Berth 1 Design in Magtymguly Gas Recycling Development Project at Caspia Sea Based on OCDI Standart and BS

Axel Dominicus Pedro¹ dan Sri Murti Adiyastuti²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan

Institut Teknologi Bandung

Jln. Ganeca 10 Bandung 40132

¹axelbubble12@gmail.com dan ²adiyastuti@ocean.itb.ac.id

Abstrak: Saat ini kebutuhan energi alternatif sebagai sumber energi semakin meningkat setiap tahunnya seiring dengan menurunnya persediaan minyak bumi dan batu bara serta meningkatnya kebutuhan energi dunia. Salah satu energi alternatif yang dapat digunakan untuk menggantikan minyak bumi dan batu bara adalah LNG (*liquefied natural gas*). Untuk menunjang dan meningkatkan penggunaan LNG sebagai energi alternatif diperlukan fasilitas-fasilitas khusus seperti dermaga khusus LNG. Saat ini terdapat dua standar yang umum digunakan untuk proses desain dermaga yaitu standar *Overseas Coastal Development Institute of Japan* (OCDI) dan *British Standart BS*). Pada pengerjaan Tugas Akhir ini, akan dilakukan analisis perhitungan biaya material yang digunakan untuk diperoleh standar desain dermaga yang lebih ekonomis. Terdapat 3 perbedaan utama antara standar OCDI dan BS yaitu penentuan *lay out* dan dimensi, perhitungan beban *berthing*, dan perhitungan beban *mooring*. Lingkup bahasan pengerjaan Tugas Akhir ini terdiri dari penentuan dimensi dermaga berdasarkan standar OCDI dan BS, perhitungan beban-beban yang bekerja berdasarkan standar OCDI dan BS, pemodelan struktur, desain penulangan struktur, perhitungan daya dukung tanah, perhitungan volume material yang meliputi beton, baja, dan tiang pancang, serta analisis perhitungan biaya material struktur dermaga berdasarkan standar OCDI dan BS. Pemodelan struktur dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Hasil dari pemodelan tersebut adalah nilai UCR, defleksi, gaya dalam, dan reaksi perletakan. Nilai UCR dan defleksi yang diperoleh dari hasil pemodelan struktur harus memenuhi syarat yang ditentukan. nilai gaya dalam yang didapatkan akan digunakan untuk desain penulangan elemen dermaga, dan reaksi perletakan akan digunakan untuk mengetahui kedalaman pemancangan, serta dari dimensi elemen struktur digunakan untuk perhitungan volume dan biaya material.

Kata Kunci: LNG, Struktur, Dermaga, OCDI, BS

Abstract: At present the need for alternative energy as an energy source is increasing every year along with the decline in oil and coal supplies and the increasing world energy demand. One alternative energy that can be used to replace oil and coal is LNG (*liquefied natural gas*). To support and increase the use of LNG as an alternative, special facilities such as the special jetty of LNG are needed. At present there are two standards commonly used for the port/berth design process, namely the *Overseas Coastal Development Institute of Japan* (OCDI) standard and the *British Standard BS*).

There are 3 main differences between OCDI and BS standards, namely the determination of lay out and dimensions, calculation of berthing loads, and calculation of mooring load. The scope of design consists of determining the dimensions of the pier based on OCDI and BS standards, calculation of loads that work based on OCDI and BS standards, structural modeling, structural reinforcement design, calculation of carrying capacity of the soil, calculation of the volume of material which includes concrete, steel, and piles , as well as an analysis of the calculation of the pier structure material costs based on OCDI and BS standards. Structural modeling is done using SAP2000 software. The results of the modeling are the UCR value, deflection, internal forces, and placement reactions. UCR value and deflection obtained from the results of structural modeling must meet the specified requirements. the obtained internal force values will be used to design the pier element reinforcement, and the placement reaction will be used to determine the depth of the pile, as well as the dimensions of the structural elements used to calculate the volume and material costs.

PENDAHULUAN

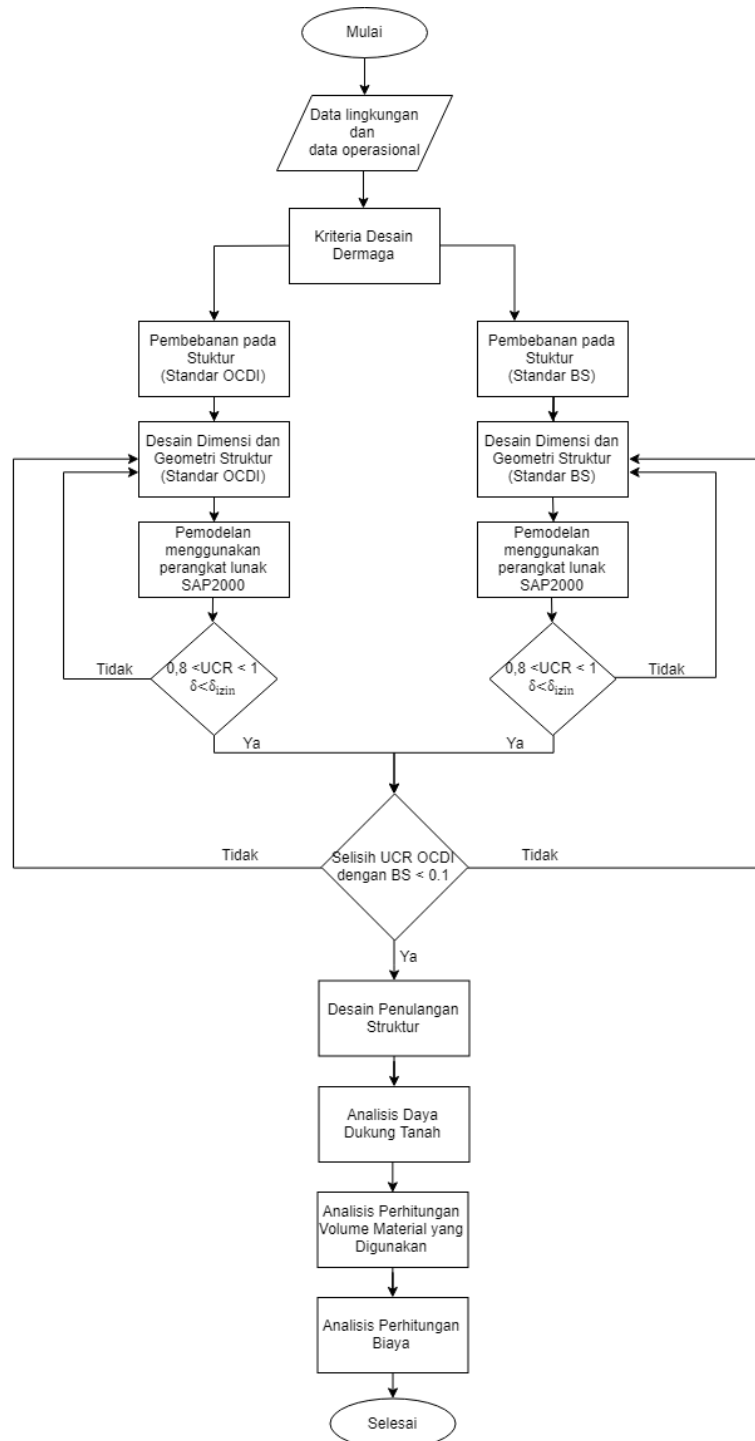
Saat ini persediaan minyak bumi dan batu bara sebagai sumber energi semakin menipis. Sementara kebutuhan energi di dunia semakin meningkat seiring dengan meningkatnya populasi manusia, kemajuan industri dan teknologi. Oleh sebab itu, diperlukan energi alternatif untuk menggantikan minyak bumi dan batu bara yang sebagai sumber energi utama untuk memenuhi kebutuhan energi yang semakin membesar. Salah satu energi alternatif yang digunakan untuk menggantikan minyak bumi dan batu bara adalah LNG (*liquefied natural gas*). LNG adalah gas alam yang telah diproses untuk menghilangkan pengotor (impuritas) dan hidrokarbon fraksi berat dan kemudian dikondensasi menjadi cairan pada tekanan atmosfer dengan mendinginkannya sekitar -160° Celcius.

Untuk menunjang dan meningkatkan penggunaan LNG sebagai alternatif diperlukan fasilitas-fasilitas khusus seperti dermaga khusus LNG. Saat ini terdapat dua standar yang umum digunakan untuk proses desain dermaga yaitu standar *Overseas Coastal Development Institute of Japan* (OCDI) dan *British Standard BS*). Terdapat 3 perbedaan utama antara standar OCDI dan BS yaitu penentuan *lay out* dan dimensi, perhitungan beban *berthing*, dan perhitungan beban *mooring*.

TEORI DAN METODOLOGI

Perancangan struktur Dermaga New BLC Kaliorang dilakukan dengan pengumpulan data-data sekunder dan kriteria desain terlebih dahulu, yang terdiri dari data lingkungan (pasang surut, arus, angin, gelombang, dan data tanah), data kapal rencana yang akan dilayani, dimensi 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. Langkah selanjutnya adalah perhitungan beban-beban yang bekerja pada struktur dermaga dan penentuan dimensi elemen struktur dermaga. Beban-beban yang bekerja pada struktur dermaga yang meliputi beban *berthing*, beban *mooring*, beban mati struktur dan fasilitas tambahan, beban hidup (manusia dan kendaraan), serta beban lingkungan (gaya gelombang, gaya arus, dan gaya gempa). Perhitungan dilakukan menggunakan standar OCDI dan BS.

Diagram alir pengerjaan Tugas Akhir ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

Perhitungan beban *berthing* ditentukan dengan besarnya energi *berthing* kapal saat bersandar. Persamaan energi *berthing* berdasarkan OCDI 2002 adalah sebagai berikut.

$$E_f = \left(\frac{M_S V^2}{2} \right) C_e C_m C_s C_c$$

Keterangan:

E_f : *berthing energy* (kJ)
 M_S : *displacement tonnage* (ton)
 V : kecepatan berlabuh kapal (m/s)
 C_e : koefisien eksentrisitas
 C_m : koefisien massa semu
 C_s : koefisien kelembutan
 C_c : koefisien konfigurasi tambat

Persamaan energi *berthing* berdasarkan BS adalah sebagai berikut.

$$E = 0.5 \times C_M \times M_D \times (V_B)^2 \times C_E \times C_S \times C_C$$

Keterangan:

E : energi *berthing* (kN.m)

M_D : massa air yang dipindahkan (ton)

V_B : Kecepatan berlabuh kapal (m/s)

C_E : koefisien eksentrisitas

C_M : koefisien massa semu

C_S : koefisien kelembutan

C_C : koefisien konfigurasi tambat

Beban *mooring* dihitung atas pengaruh arus dan angin. Berdasarkan data arus yang diperoleh, kecepatan arus di sekitar lokasi dermaga sangat kecil sehingga beban *mooring* akibat arus yang dihasilkan sangat kecil. Persamaan beban *mooring* akibat angin berdasarkan OCDI 2002 adalah sebagai berikut.

$$R_{TW} = \frac{1}{2} \rho_A U^2 A_L C_y$$

$$R_{LW} = \frac{1}{2} \rho_A U^2 A_T C_x$$

Keterangan:

R_{TC} : beban arus arah transversal (kN)

R_{LC} : beban arus arah longitudinal (kN)

S : luas permukaan basah (m²)

V_y : kecepatan arus transversal (m/s)

V_x : kecepatan arus longitudinal (m/s)

ρ : massa jenis air laut (1.015 kg/m³)

C : koefisien tekanan arus

B : luas proyeksi sisi samping kapal (m²)

Persamaan beban *mooring* akibat angin berdasarkan BS adalah sebagai berikut.

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

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

Keterangan:

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

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

C_{TW} : koefisien angin arah transversal

C_{LW} : koefisien angin arah longitudinal

ρ_A : massa jenis angin (kg/m³)

A_L : luas proyeksi badan kapal yang berada di atas permukaan arah longitudinal (m²)

V_W : kecepatan angin (m²/s)

Beban mati dan beban hidup berupa fasilitas ditentukan berdasarkan dimensi yang diketahui. Beban lingkungan berupa gaya gelombang dan gaya arus dihitung secara otomatis oleh SAP2000 serta gaya gempa ditentukan dengan menggunakan data sekunder berupa spektral gempa.

Kemudian dilakukan pemodelan struktur dermaga dengan perangkat lunak SAP2000. Pengecekan kekuatan struktur ditentukan dengan menganalisis beberapa keluaran yang dihasilkan oleh perangkat lunak, seperti UCR (*unity check ratio*) tiang pancang, dan defleksi balok dan tiang pancang. Hasil pemodelan lain terdiri dari reaksi perletakan, gaya dalam balok, dan gaya dalam pelat yang selanjutnya digunakan untuk merencanakan tulangan komponen beton.

Perencanaan tulangan komponen beton dilakukan dengan perhitungan dan prosedur sistematis yang merujuk 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 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 peralatan yang berada di atas 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.

Setelah itu dilakukan perhitungan volume dan biaya material yang meliputi beton, baja, dan tiang pancang. Acuan harga material yang digunakan merujuk pada Peraturan Menteri No.78 Tahun 2014.

HASIL DAN ANALISA

Data yang di analisis diantaranya adalah data angin, data pasang surut, dan data kapal. 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.

Analisa Data Angin dan Gelombang

Data angin diperoleh dari *website* ECMWF pada tahun 2009 s.d. tahun 2018 dengan interval data 6 jam. Dari hasil analisis ekstrim data angin, diperoleh kecepatan maksimum sebesar 18.98 m/s dari arah barat laut.

Data gelombang diperoleh dari *website* ECMWF pada tahun 2009 s.d. tahun 2018 dengan interval data 6 jam. Dari hasil analisis ekstrim data gelombang, diperoleh tinggi gelombang maksimum sebesar 1.3 m dari arah barat laut.

Selanjutnya dilakukan *hindcasting* data angin untuk memperoleh data gelombang laut. Dari hasil *hindcasting* kemudian dilakukan analisis ekstrim untuk periode ulang 50 tahunan dan didapat tinggi gelombang sebesar 1,47 m dari arah Selatan dengan periode 5,94 detik.

Analisa Data Pasang Surut

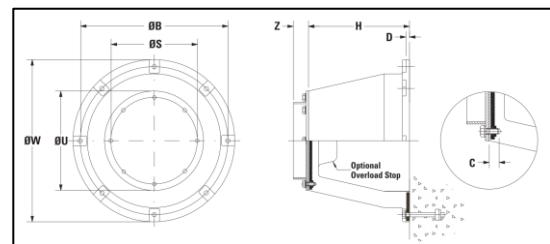
Data pasang surut diperoleh dari *Document Front End Engineering Design* No: P5258-CI-DB-7001 milik Petronas Carigali dengan nilai tinggi pasang surut sebesar 3.8 m.

Data Kapal

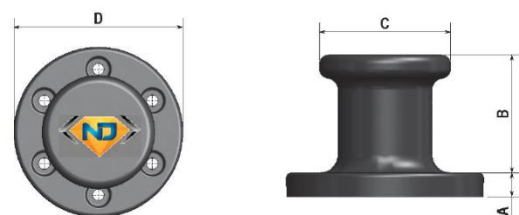
Kapal terbesar yang direncanakan bersandar berukuran 13470 DWT dengan dimensi: $L_{OA} = 149.9$ m, $Breadth = 17.3$ m, $Draft = 7.14$ m.

Fasilitas Dermaga

Dengan energi abnormal *berthing* (E_A) = 354.17 kN-m untuk standar OCDI dan 669.31 kN-m untuk BS. Berdasarkan energi *berthing* maka dipilih fender SCN 1050 E1.9 dengan reaksi fender 994 kN untuk standar OCDI dan fender SCN 1300 E1.9 dengan reaksi fender 1522 kN. Sedangkan beban *mooring* terbesar yang diterima *bollard* adalah 7.075 ton untuk standar OCDI dan 3.374 untuk BS, sehingga dipilih *pillar bollard* dengan kapasitas 10 ton untuk standar OCDI dan kapasitas 5 ton untuk BS. Ilustrasi *fender* dan *bollard* terpilih ditunjukkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2 Fender Supercone Fender



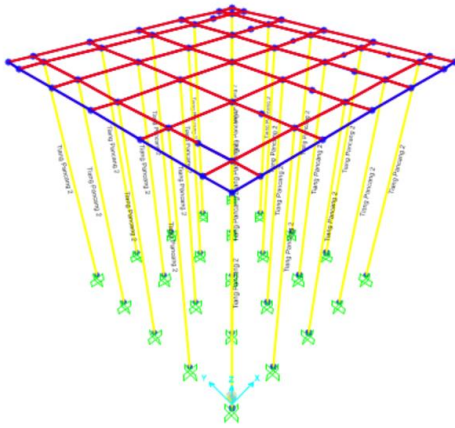
Gambar 3 Pillar Bollard

Perencanaan Struktur

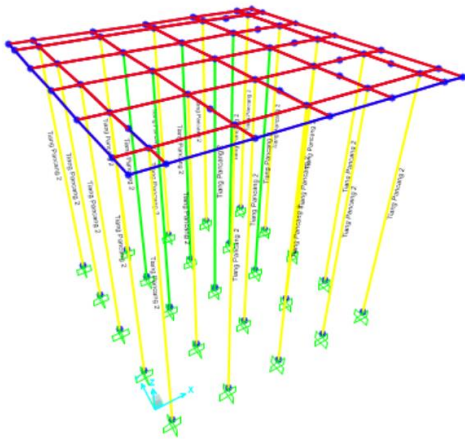
Struktur *loading platform*, *breasting dolphin*, dan *mooring dolphin* menggunakan struktur beton bertulang dengan mutu beton (f_c') = 35 MPa dan material tiang pancang dengan mutu baja ASTM A252 Grade 2 dengan tegangan leleh (f_y) = 240 MPa.

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

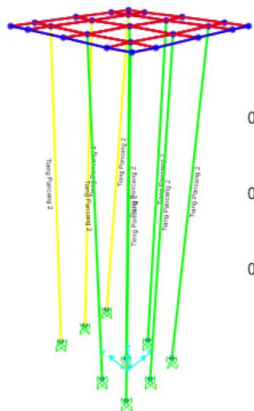
Hasil pemodelan struktur ditunjukkan pada **Gambar 4**, **Gambar 5**, dan **Gambar 6**.



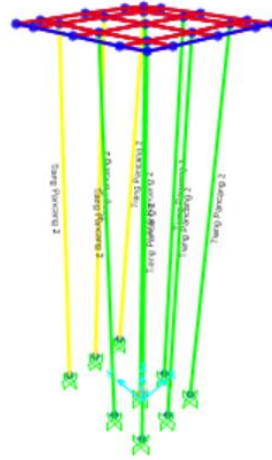
Gambar 4 Hasil Pemodelan *Loading Platform OC DI*



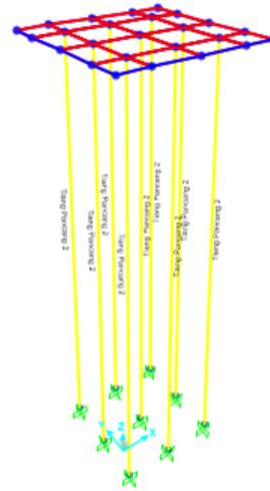
Gambar 5 Hasil Pemodelan *Loading Platform BS*



Gambar 6 Hasil Pemodelan *Breasting Dolphin OC DI*



Gambar 7 Hasil Pemodelan *Breasting Dolphin BS*



Gambar 8 Hasil Pemodelan *Mooring Dolphin OC DI dan BS*

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	500 mm × 750 mm
Tiang Pancang (BS)	ø800mm, t=10mm
Tiang Pancang (OC DI)	ø700mm, t=12mm

Uraian	Dimensi
Tebal Pelat	250 mm
Pile Cap	1500 × 1500 × 1500 mm

Tabel 2 Dimensi Elemen Struktural *Breasting Dolphin*

Uraian	Dimensi
Tiang Pancang (BS)	Ø1000 mm, t=15mm
Tiang Pancang (OCDI)	Ø900 mm, t=12mm
Pile Cap	6000 × 6000 × 1500 mm
Tebal Plank (BS)	2500 mm
Tebal Plank (OCDI)	2000 mm

Tabel 3 Dimensi Elemen Struktural *Mooring Dolphin*

Uraian	Dimensi
Tiang Pancang (BS)	Ø508 mm, t=12.7mm
Tiang Pancang (OCDI)	Ø508 mm, t=14.3mm
Pile Cap	5000 × 5000 × 1500 mm

Berikut adalah nilai UCR struktur setelah optimasi/desain ulang.

Tabel 4 Nilai UCR

Standar	Struktur	UCR
BS	<i>Loading Platform</i>	0,82
	<i>Breasting Dolphin</i>	0.839
	<i>Mooring Dolpin</i>	0.843
OCDI	<i>Loading Platform</i>	0,82
	<i>Breasting Dolphin</i>	0.821
	<i>Mooring Dolpin</i>	0.862

Analisa Struktur *Loading Platform*

Analisis struktur *loading platform* tahap pertama adalah pengecekan hasil UCR yang terjadi pada tiang pancang baja. Berdasarkan

Berikut adalah nilai UCR struktur setelah optimasi/desain ulang.

Tabel 4, struktur *loading platform* memenuhi keamanan karena nilai UCR tertinggi kurang dari 1.

Analisa struktur *loading platform* tahap kedua adalah pengecekan defleksi pada **Tabel 5** hingga **Tabel 8**.

Tabel 5 Defleksi Tiang Pancang *Loading Platform* BS

Tipe Beban	Arah	Joint Text	Load Combination	Defl. (cm)	Izin (cm)	Ket.
Beban Tetap	U1	85	SLS1	0.005	3.65	OK
	U2	85	SLS1	0.028		OK
Beban Sementara	U1	85	SLS5b	5.910	9.125	OK
	U2	85	SLS5b	5.933		OK

Tabel 6 Defleksi Balok *Loading platform* BS

Tipe Beban	Arah	Joint Text	Load Combination	Defl. (cm)	Izin (cm)	Ket.
Lendutan (Balok)	U3	64	SLS1	0.243	0.833	OK
Lendutan (Kantilever)	U3	99	SLS1	0.286	0.625	OK

Tabel 7 Defleksi Tiang Pancang *Loading Platform* OCDI

Tipe Beban	Arah	Joint Text	Load Combination	Defl. (cm)	Izin (cm)	Ket.
Beban Tetap	U1	85	SLS1	0.005	3.65	OK
	U2	85	SLS1	0.027		OK
Beban Sementara	U1	85	SLS5b	7.397	9.125	OK
	U2	85	SLS5b	7.419		OK

Tabel 8 Defleksi Tiang Pancang *Loading Platform* OCDI

Tipe Beban	Arah	Joint Text	Load Combination	Defl. (cm)	Izin (cm)	Ket.
Lendutan (Balok)	U3	64	SLS1	0.171	0.833	OK
Lendutan (Kantilever)	U3	99	SLS1	0.205	0.625	OK

Analisa Struktur *Breasting Dolphin*

Hasil analisis berupa defleksi ditunjukkan pada **Tabel 9**.

Tabel 9 Defleksi Tiang Pancang *Breasting Dolphin* OCDI

Tipe Beban	Arah	Joint Text	Load Combination	Defl. (cm)	Izin (cm)	Ket.
Beban Tetap	U1	4	SLS1	0	3.79	OK
	U2	1	SLS1	0.303		OK

Tipe Beban	Arah	Joint Text	Load Combination	Defl. (cm)	Izin (cm)
Beban Sementara	U1	1	SLS5b	3.835	9.475
	U2	7	SLS6b	5.775	

Tabel 10 Defleksi Tiang Pancang *Breasting Dolphin* BS

Tipe Beban	Arah	Joint Text	Load Combination	Defl. (cm)	Izin (cm)	Ket.
Beban Tetap	U1	4	SLS1	0	3.78	OK
	U2	1	SLS1	0.221		OK
Beban Sementara	U1	1	SLS5b	3.491	9.45	OK
	U2	7	SLS6b	5.644		OK

Analisa Struktur Mooring Dolphin

Hasil analisis berupa defleksi ditunjukkan pada **Tabel 11**.

Tabel 11 Defleksi Tiang Pancang *Mooring Dolphin* OCDI

Tipe Beban	Arah	Joint Text	Load Combination	Defl. (cm)	Izin (cm)	Ket.
Beban Tetap	U1	4	SLS1	4.937×10^{-14}	3.71	OK
	U2	1	SLS1	8.779×10^{-14}		OK
Beban Sementara	U1	1	SLS5b	8.667	9.275	OK
	U2	7	SLS6b	8.667		OK

Tabel 12 Defleksi Tiang Pancang *Mooring Dolphin* BS

Tipe Beban	Arah	Joint Text	Load Combination	Defl. (cm)	Izin (cm)	Ket.
Beban Tetap	U1	4	SLS1	4.428×10^{-14}	3.71	OK
	U2	1	SLS1	7.27×10^{-14}		OK
Beban Sementara	U1	1	SLS5b	9.166	9.275	OK
	U2	7	SLS6b	9.166		OK

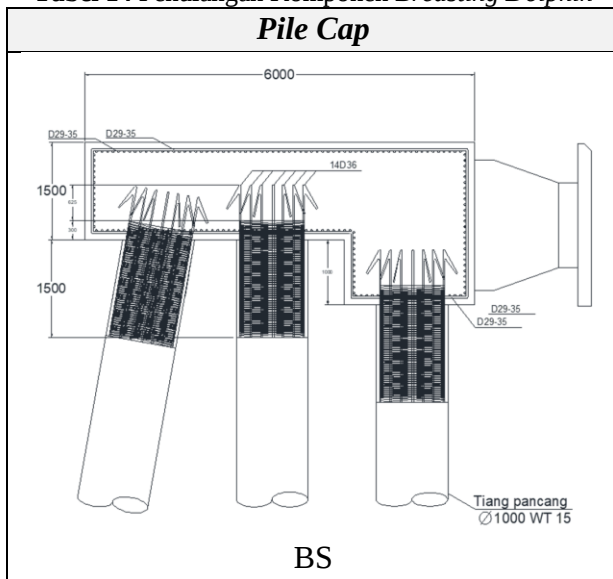
Penulangan Komponen Struktural

Penulangan komponen struktural terdiri dari balok, pelat, dan *pile cap*. Penulangan komponen pada struktur *loading platform* ditunjukkan pada **Tabel 13**, penulangan komponen pada struktur *breasting dolphin* ditunjukkan pada **Tabel 14**, dan penulangan komponen pada struktur *mooring dolphin* ditunjukkan pada **Tabel 15**.

Tabel 13 Penulangan Komponen *Loading Platform*

Balok
Pelat
Pile Cap

Tabel 14 Penulangan Komponen *Breasting Dolphin*

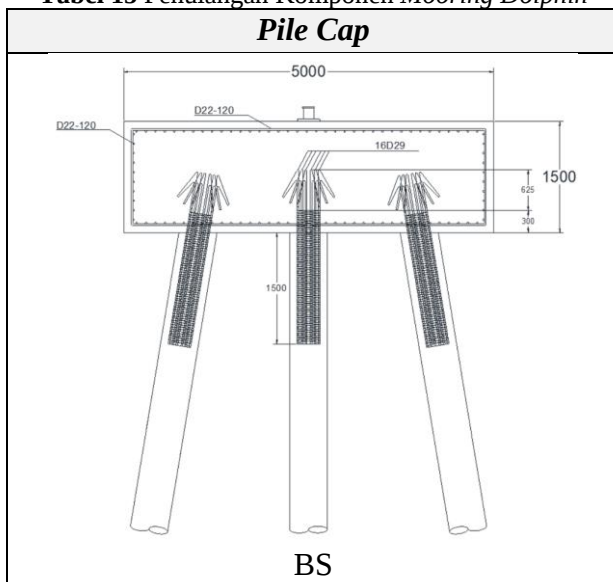


Standar	Struktur	Kedalaman Pemancangan
	<i>Mooring dolphin</i>	9 meter
OCDI	<i>Loading platform</i>	6.5 meter
	<i>Breasting dolphin</i>	9 meter
	<i>Mooring dolphin</i>	9 meter
Kedalaman pemancangan dihitung dari dasar laut		

Volume Material Dermaga

Volume material dermaga yang meliputi beton, baja tulangan, dan tiang pancang ditunjukkan pada **Tabel 17** hingga **Tabel 19**.

Tabel 15 Penulangan Komponen *Mooring Dolphin*



Tabel 17 Volume Material Beton

Standar	Volume Total Beton (m3)	Komponen (m3)			
		Semen	Pasir	Agregat Kasar	Super Plasticizer
BS	550.814	103.927	176.676	270.211	0.312
OCDI	666.814	125.814	213.884	327.116	0.377

Tabel 18 Volume Material Baja Tulangan

Ukuran	Volume (m)	
	BS	OCDI
D16 (polos)	26633.833	34983.012
D19 (polos)	10626.966	10559.175
D10	16.5	16.5
D13	8838.889	8838.889
D22	18256	18256
D29	28270	39950
D32	656.25	963
D36	1863.9	2387.1

Daya Dukung Tanah

Hasil kedalaman pemancangan tiang pancang pada masing-masing struktur ditunjukkan pada **Tabel 16**.

Tabel 16 Kedalaman Tiang Pancang

Standar	Struktur	Kedalaman Pemancangan
BS	<i>Loading platform</i>	6.5 meter
	<i>Breasting dolphin</i>	9 meter

Tabel 19 Volume Material Tiang Pancang BS

Jenis Elemen	Ukuran Elemen (mm)	Jumlah Elemen	Panjang per Tiang (m)	Panjang Total (m)
Pile LP	OD0.8 WT0.01	25	20.45	511.25
Pile BD	OD1 WT0.015	12	22.95	275.4
Pile BD miring	OD1 WT0.015	6	23.0645	138.387
Pile MD	OD0.508 WT12.7	4	20.45	81.8

Tabel 20 Volume Material Tiang Pancang OCDI

Jenis Elemen	Ukuran Elemen (mm)	Jumlah Elemen	Panjang per Tiang (m)	Panjang Total (m)
Pile LP	OD0.7 WT0.012	25	20.45	511.25
Pile BD	OD0.9 WT0.012	24	22.95	550.8
Pile BD miring	OD0.9 WT0.012	12	23.0645	276.774
Pile MD	OD508 WT14.3	4	22.95	91.8

Biaya Material Dermaga

Total biaya material dermaga yang meliputi beton (semen, pasir, agregat kasar), baja tulangan, dan tiang pancang sebesar Rp5,656,803,514.44 untuk BS dan Rp7,000,754,083.68 untuk standar OCDI.

KESIMPULAN

1. *Liquid Berth 1* di *Magtymguly Gas Recycling Development Project* melayani kegiatan bongkar muat LNG dengan kapal rencana 13,470 DWT dengan tipe struktur dermaga yaitu dermaga *dolphin*. Berdasarkan perhitungan, standar OCDI dan BS memiliki ukuran dimensi dermaga sama, tetapi terdapat perbedaan pada jumlah struktur *dolphin* yang diakibatkan oleh perbedaan *lay out*. Berikut adalah dimensi struktur dermaga yang di desain.

- BS
 - a. Satu struktur *loading platform* berukuran 19 m x 19 m.
 - b. Dua struktur *breasting dolphin* berukuran 6 m x 6 m.
 - c. Empat struktur *mooring dolphin* berukuran 5 m x 5 m.
 - d. Elevasi dermaga : +6.05 m dari LLWS
 - e. Kedalaman dermaga : -8 m dari LLWS
- OCDI
 - a. Satu struktur *loading platform* berukuran 19 m x 19 m.
 - b. Dua struktur *breasting dolphin* berukuran 6 m x 6 m.
 - c. Empat struktur *mooring dolphin* berukuran 5 m x 5 m.

- d. Elevasi dermaga : +6.05 m dari LLWS
- e. Kedalaman dermaga : -8 m dari LLWS
2. Fasilitas struktur dermaga (fender dan bollard) yang digunakan oleh standar OCDI dan BS berbeda hal ini disebabkan perbedaan rumus perhitungan dan koefisien yang digunakan saat perhitungan beban *berthing* dan beban *mooring*. Berikut adalah fasilitas struktur dermaga yang digunakan:
 - BS
 - a. Beban *berthing* : 669.31 kN
 - b. Beban *mooring* : 29.965 kN (transversal), 13.484 kN (longitudinal)
 - c. Fender : SCN1300 E1.9
 - d. Bollard : NPB kapasitas 5 ton
 - OCDI
 - a. Beban *berthing* : 354.17 kN
 - b. Beban *mooring* : 97.864 kN (transversal), 11.859 kN (longitudinal)
 - c. Fender : SCN1050 E1.9
 - d. Bollard : NPB kapasitas 5 ton
3. Berikut adalah ukuran dan jumlah tiang pancang yang digunakan untuk masing-masing standar.
 - BS
 - e. *Loading platform* : OD0.8WT0.01 dipancang hingga kedalaman 6.5 m di bawah dasar laut.
 - f. *Breasting dolphin* : OD1WT0.015 dipancang hingga kedalaman 9 m di bawah dasar laut.
 - g. *Mooring dolphin* : OD0.508WT0.0127 dipancang hingga kedalaman 6.5 m di bawah dasar laut.
 - OCDI
 - h. *Loading platform* : OD0.7WT0.012 dipancang hingga kedalaman 6.5 m di bawah dasar laut.
 - i. *Breasting dolphin* : OD0.9WT0.012 dipancang hingga kedalaman 6.5 di bawah dasar laut.
 - j. *Mooring dolphin* : OD0.508WT0.0143 dipancang hingga kedalaman 5 m di bawah dasar laut.
4. Berikut adalah spesifikasi tulangan yang digunakan untuk masing-masing standar.

- BS
- k. Tulangan lentur balok *loading platform* : D29
- l. Tulangan sengkang balok *loading platform* : D10
- m. Tulangan lentur pelat *loading platform* : D13
- n. Tulangan lentur *pile cap loading platform* : D22
- o. Tulangan lentur *pile cap breasting dolphin* : D29
- p. Tulangan lentur *pile cap mooring dolphin* : D22
- q. Tulangan dowel *pile cap loading platform* : D32
- r. Tulangan dowel *pile cap breasting dolphin* : D36
- s. Tulangan dowel *pile cap mooring dolphin* : D36
- t. Tulangan spiral *pile cap loading platform* : D16
- u. Tulangan spiral *pile cap breasting dolphin* : D16
- v. Tulangan spiral *pile cap mooring dolphin* : D19
- OCDI
- a. Tulangan lentur balok *loading platform* : D29
- b. Tulangan sengkang balok *loading platform* : D10
- c. Tulangan lentur pelat *loading platform* : D13
- d. Tulangan lentur *pile cap loading platform* : D22
- e. Tulangan lentur *pile cap breasting dolphin* : D29
- f. Tulangan lentur *pile cap mooring dolphin* : D22
- g. Tulangan dowel *pile cap loading platform* : D36
- h. Tulangan dowel *pile cap breasting dolphin* : D32
- i. Tulangan dowel *pile cap mooring dolphin* : D36
- j. Tulangan spiral *pile cap loading platform* : D16
- k. Tulangan spiral *pile cap breasting dolphin* : D16

- l. Tulangan spiral *pile cap mooring dolphin* : D19

Biaya material dermaga *Liquid Berth* 1 di *Magtymguly Gas Recycling Development Project* dengan menggunakan BS adalah Rp5,656,803,514.44. Biaya material dermaga *Liquid Berth* 1 di *Magtymguly Gas Recycling Development Project* dengan menggunakan OCDI adalah Rp7,000,754,083,68. Dengan demikian, biaya material dermaga BS lebih murah dibanding biaya material dermaga OCDI dengan selisih Rp1,343,950,569.24 atau 19.197%.

DAFTAR PUSTAKA

- The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan. 2002. Technical Standards and Commentaries for Port and Harbour Facilities in Japan. 3rd. Disunting oleh Y. Goda, T. Tabata, dan S Yamamoto. Tokyo: The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan.
- Ajiwibowo, Harman. Diktat Kuliah Perancangan Struktur Dermaga. Bandung: Penerbit ITB.
- Das, Braja M. 2011. Principles of Foundation Engineering. Stamford: CENGAGE Learning.
- Fentek Marine System GmbH. 2010. Fentek Marine Fendering System. Rigmaringe.
- Trelleborg Marine Systems. 2015. Bollard Application Design Manual. Marine Insights
- 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.

Panitia Pembaharuan Peraturan Beton

Bertulang 1971. 1971. Peraturan Beton
Bertulang Indonesia 1971. Bandung:
Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga
Listrik.

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

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

—. 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.

—. 2014. Peraturan Menteri Perhubungan
Republik Indonesia Nomor 78.

—. 2016. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum
dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia
Nomor 28.