

DESAIN STRUKTUR DERMAGA PETI KEMAS DI KUALA TANJUNG

Rahmat Hidayat¹ dan Paramashanti²

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jalan Ganesha 10 Bandung 40123

¹rahmathidayat@students.itb.ac.id dan ²paramashanti@ocean.itb.ac.id

Kata kunci: perancangan struktur, dermaga, penulangan, SAP2000, *deck on pile*

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia akan pengadaan barang dalam jumlah besar jarak jauh yang semakin tinggi mengakibatkan diperlukannya suatu fasilitas yang mendukung untuk pemindahan barang antara darat dan laut. Karena umumnya barang dikirim dalam jumlah besar untuk jarak jauh menggunakan peti kemas, maka dibutuhkan suatu dermaga yang khusus melayani bongkar-muat peti kemas. Pada pembahasan ini, dermaga peti kemas yang akan dibangun menggunakan data kondisi lingkungan dari kawasan perairan di Kuala Tanjung, Sumatera Utara.

Perancangan komponen dermaga dilakukan agar dermaga tersebut dapat melayani komoditas dan kapal yang direncanakan menurut kriteria desain dan kode standar. Dermaga yang dirancang harus dapat menahan beban kapal saat berlabuh dan bertambat, dapat menahan beban-beban akibat lingkungan, dan memiliki geometri/dimensi yang cukup untuk satu unit kapal.

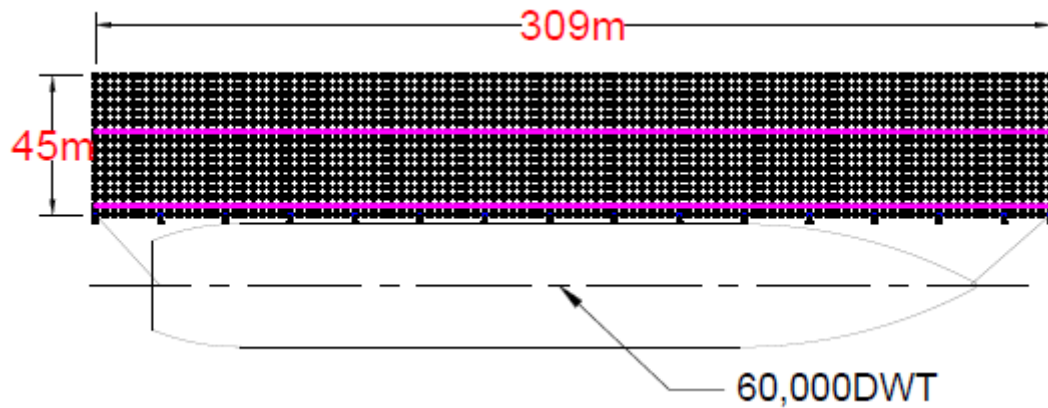
TEORI DAN METODOLOGI

Suatu dermaga dibangun untuk mengakomodasi jenis muatan/barang tertentu dengan jenis dan rentang ukuran kapal yang tertentu. Dengan demikian, ukuran dan segala fasilitas yang direncanakan di atas dermaga menjadi sangat tergantung dengan batasan-batasan tersebut. Sedangkan jenis struktur dermaga tergantung kondisi lingkungan di lokasi dermaga itu akan dibangun. Walaupun umumnya dermaga dibangun dalam kondisi perairan yang relatif tenang, tetapi faktor-faktor lingkungan tetap mempengaruhi rancangan struktur dermaga. Faktor lingkungan yang mempengaruhi ini meliputi kedalaman perairan, karakteristik arus dan gelombang, kecepatan angin, dan karakter gempa.

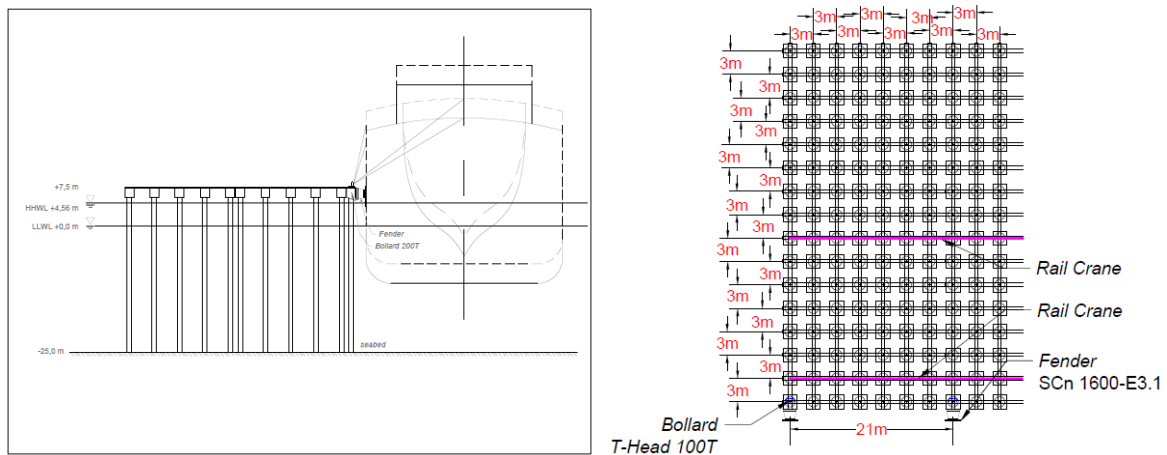
Pada pembahasan ini, dermaga dirancang menggunakan *OCDI* sebagai standar utama. Dermaga dipilih menggunakan tipe struktur *deck on pile (suspended deck)* yang secara umum berupa formasi balok (*beam*) dan lantai (*slab*) yang ditopang oleh tiang fondasi yang dipancang ke dalam dasar perairan. Tipe struktur ini biasanya sesuai untuk lapisan tanah bagian atas buruk dan sesuai untuk menopang tiang, keperluan menghindari gangguan hidrolis, atau perairan yang cukup dalam. Struktur *deck on pile* dapat dibangun menggunakan satu jenis atau kombinasi dari material beton, baja, dan kayu. Namun pada pembahasan ini, dek dermaga ditentukan menggunakan elemen beton bertulang yang ditopang tiang baja silinder.

Dermaga peti kemas ini dirancang dengan ketentuan lebar 45 m, panjang 309 m yang cukup untuk melayani 1 buah kapal peti kemas (*containership*) ukuran 60.000 DWT (*post-panamax*), 1 buah *Shore to Ship Gantry Crane* ukuran *post-panamax*, beban merata 25 ton/m² di sepanjang area di bawah *STS Crane*, dan beban merata 10 ton/m² di belakang *STS Crane*. Di samping itu, faktor lingkungan yang mempengaruhi dermaga baik secara langsung maupun melalui kapal meliputi rata-rata kedalaman perairan -25 m dan HHWS +4.5 m (LLWS sebagai datum), tinggi gelombang signifikan H_s 2.77 m dengan perioda T 7.38 detik, kecepatan rata-rata arus air laut V_c' 1,5 m/s, serta kecepatan angin V_w 14.36 m/s. Kondisi tanah umumnya berupa *clay* hingga kedalaman 13 m. Sedangkan beban gempa ditentukan menurut lokasi dan karakter tanah berdasarkan SNI Peta *Hazard Gempa* Indonesia sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa (2010).

Setelah berbagai faktor perancangan dermaga didapat, faktor-faktor itu kemudian dihitung/diolah menurut standar yang telah dipilih, sehingga menghasilkan geometri rancang dan beban-beban. Berbagai beban ini kemudian dikelompokkan berdasarkan jenisnya menjadi beban mati, beban hidup, beban *berthing*, beban *mooring*, beban akibat gempa, dan beban akibat gelombang dan arus. Beban-beban yang sudah dikelompokkan lalu disusun menjadi kombinasi pembebanan menurut *ASCE/SEI 7-10 Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures* (2010) untuk masing-masing *service load state* dan *ultimate load state*. Sedangkan untuk kuat material dan ukuran penampang tiap elemen struktur diasumsikan terlebih dahulu, untuk kemudian diubah sesuai dengan gaya-gaya yang bekerja. Formasi kapal dan dermaga yang dihasilkan ditunjukkan pada Gambar 1, sedangkan pola penempatan elemen struktur ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1 Formasi kapal dan dermaga



Gambar 2 Pola penempatan elemen struktur.

HASIL DAN ANALISIS

Pengkajian terhadap rancangan geometri, material dan penampang tiap elemen struktur, dan pembebanan pada dermaga dilakukan menggunakan metode pemodelan elemen hingga dengan bantuan program SAP2000. Secara umum, pemodelan ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan/respon struktur berdasarkan rancangan yang dibuat. Kekuatan/respon struktur yang akan ditinjau perlu dibedakan menurut kombinasi pembebanannya. Dari kombinasi *service load state*, keluaran yang ditinjau meliputi pergeseran (*displacement*) dek terhadap jarak yang diizinkan, perbandingan tegangan aktual terhadap kapasitasnya pada tiang fondasi (*unity check ratio*, UCR), dan reaksi perletakan di setiap tumpuan. Sedangkan dari kombinasi *ultimate load state* akan ditinjau gaya-gaya dalam dari setiap kelompok elemen beton. Pengecekan UCR dipilih dilakukan dengan kode desain AISC360-05/IBC2006 dengan tipe rangka OMF (*ordinary moment frame*).

Analisa pada model dilakukan berulang kali sampai mendapatkan rancangan yang optimal untuk menahan kombinasi pembebanan yang ditunjukkan pada Tabel 1 untuk *ultimate load combination* dan pada Tabel 2 untuk kondisi *service load combination* berdasarkan *ASCE Standard*. Untuk mendapatkan rancangan tersebut, hal utama yang perlu diubah dimulai pada dimensi penampang. Rancangan akhir yang didapat yaitu menggunakan tiang fondasi baja silinder ukuran diameter 660 mm dengan tegangan leleh $f_y = 250$ Mpa. Pergeseran maksimum yang didapat adalah 0,023 m akibat kombinasi kombinasi 7.2.2 dan UCR terbesar adalah 0,927.

Setelah dilakukan pemodelan maka perlu menyusun desain penulangan pada bagian balok, pelat dan *pilecap*. Hasil perhitungan tulangan dan ukuran balok, pelat dan *pilecap* dapat dilihat pada Tabel 3 hingga Tabel 5.

Tabel 1 Kombinasi Pembebanan untuk *ultimate Load State*

Kombinasi	Faktor Skala													
	Dead	Live		Wave & Current			Berth		Moor			Quake		
		1	2	x+	x-	y+	1	2	trans+	trans-	long+	1	2	
COM1	1,4													
COM2.1	1,2	1,6												
COM2.2			1,6											
COM3.1.1	1,2			0,5			0,5							
COM3.1.2				0,5				0,5						
COM3.2.1					0,5		0,5							
COM3.2.2					0,5			0,5						
COM3.3.1						0,5	0,5							
COM3.3.2						0,5		0,5						
COM4.1	1,2			0,5					0,5					
COM4.2					0,5					0,5				
COM4.3						0,5					0,5			
COM5.1.1.1	1,2	1,0		1,0			1,0							
COM5.1.1.2			1,0	1,0			1,0							
COM5.1.2.1		1,0		1,0				1,0						
COM5.1.2.2			1,0	1,0				1,0						
COM5.2.1.1		1,0			1,0		1,0							
COM5.2.1.2			1,0		1,0		1,0							
COM5.2.2.1		1,0			1,0			1,0						
COM5.2.2.2			1,0		1,0			1,0						
COM5.3.1.1		1,0				1,0	1,0							
COM5.3.1.2			1,0			1,0	1,0							
COM5.3.2.1		1,0				1,0		1,0						
COM5.3.2.2			1,0			1,0		1,0						
COM6.1.1	1,2	1,0		1,0					1,0					
COM6.1.2			1,0	1,0					1,0					
COM6.2.1		1,0			1,0					1,0				
COM6.2.2			1,0		1,0					1,0				
COM6.3.1		1,0				1,0					1,0			
COM6.3.2			1,0			1,0					1,0			
COM7.1.1	1,2	1,0										1,0		
COM7.1.2			1,0									1,0		
COM7.2.1		1,0											1,0	
COM7.2.2			1,0										1,0	
COM8.1	0,9											1,0		
COM8.2													1,0	

Tabel 2 Kombinasi Pembebanan untuk *service Load State*

Kombinasi	Faktor Skala												
	Dead	Live		Wave & Current			Berth		Moor			Quake	
		1.00	2	x+	x-	y+	1	2	trans+	trans-	long+	1	2
COM1	1												
COM2.1	1	1											
COM2.2	1		1										
COM3.1.1	1			0.6			0.6						
COM3.1.2	1			0.6				0.6					
COM3.2.1	1				0.6		0.6						
COM3.2.2	1				0.6			0.6					
COM3.3.1	1					0.6	0.6						
COM3.3.2	1					0.6		0.6					
COM4.1	1			0.6					0.6				
COM4.2	1				0.6					0.6			
COM4.3	1					0.6					0.6		
COM5.1	1											0.7	
COM5.2	1												0.7
COM6.1.1.1	1	0.75		0.45			0.45						
COM6.1.1.2	1	0.75		0.45				0.45					
COM6.1.2.1	1	0.75			0.45		0.45						
COM6.1.2.2	1	0.75			0.45			0.45					
COM6.1.3.1	1	0.75				0.45	0.45						
COM6.1.3.2	1	0.75				0.45		0.45					
COM6.2.1.1	1		0.75	0.45			0.45						
COM6.2.1.2	1		0.75	0.45				0.45					
COM6.2.2.1	1		0.75		0.45		0.45						
COM6.2.2.2	1		0.75		0.45			0.45					
COM6.2.3.1	1		0.75			0.45	0.45						
COM6.2.3.2	1		0.75			0.45		0.45					
COM7.1.1	1	0.75		0.45					0.45				
COM7.1.2	1	0.75			0.45					0.45			
COM7.1.3	1	0.75				0.45					0.45		
COM7.2.1	1		0.75	0.45					0.45				
COM7.2.2	1		0.75		0.45					0.45			
COM7.2.3	1		0.75			0.45					0.45		
COM8.1.1	1	0.75										0.525	
COM8.1.2	1	0.75											0.525
COM8.2.1	1		0.75									0.525	
COM8.2.2	1		0.75										0.525

Tabel 3 Detil penulangan balok

Elemen Balok	Dimensi (m)	Vu (kN)	M3+ (kN.m)	M3- (kN.m)	Tulang Geser (mm)	Tulang Lentur	
						Bawah (mm)	Atas (mm)
Balok 1	0.9×0.7×3	1,365	1,526,986	608,478	Ø32-350	7Ø36	3Ø36
Balok 2	0.7×0.55×3	220	249,178	325,373	Ø19-310	7Ø19	5Ø19
Balok 3	0.6×0.5×3	142	141,538	280,404	Ø19-260	5Ø22	3Ø22

Keterangan:

balok1 : terletak pada bagian yang menahan roda *STS Crane* dan gaya – gaya pada ujung dermaga

balok2 : terletak pada bagian bawah *STS Crane*

balok3 : terletak pada bagian belakang *STS Crane*

Tabel 4 Detil penulangan pelat

Elemen Pelat	Dimensi (m)	Mux (kN.m)	Muy (kN.m)	Tulang Lentur	
				Arah X (mm)	Arah Y (mm)
Plat1	0.6×3×3	403	403	Ø19-138	Ø19-148
Plat2	0.8×3×3	945	945	Ø19-94	Ø19-99
Plat3	0.6×3×3	403	403	Ø19-138	Ø19-148

Keterangan:

Plat1 : menahan beban merata sebesar 25 kN di bawah *STS Crane*

Plat2 : menahan beban merata sebesar 10 kN di sekitar roda *STS Crane*

Plat3 : menahan beban 10kN pada bagian belakang *STS Crane*

Tabel 5 Detil penulangan *pilecap*

Elemen <i>Pilecap</i>	Dimensi (m)	Tulang Geser	
		Arah X (mm)	Arah Y (mm)
PC	1.8 × 1.8 × 1.8	Ø22-36	Ø22-36

KESIMPULAN

- Perhitungan data lingkungan yang telah dilakukan menggunakan periode ulang 50 tahunan:
 - tinggi gelombang : 2.77 m
 - periode gelombang : 7.38 detik
 - kecepatan angin : 14.36 m/det
- Desain dermaga yang melayani bongkar-muat muatan peti kemas dari 1 unit kapal 60.000 DWT (*post-panamax*) mempunyai geometri umum:
 - elevasi lantai dermaga : 7.5m (dari HHWL)
 - total lebar dermaga : 45 m
 - total panjang dermaga : 309 m
- Dermaga peti kemas di Kuala Tanjung baik digunakan dengan tipe *deck on pile* (*suspended deck*) karena memiliki perairan yang cukup dalam dan memiliki tanah yang buruk/lunak.

4. Fasilitas struktur yang digunakan untuk menahan beban akibat lingkungan dan kapal peti kemas 60.000 DWT yaitu:
 - jenis *fender* : SCN1600 – E3.1 (*Fentek*);
 - dimensi panel *fender* : 4 m x 2.8 m
 - jenis *bollard* : *Tee* 100 ton.
5. Kombinasi pembebanan yang berpengaruh pada struktur dermaga yaitu
 - *UCR (ultimate)* : *Comb ultimate 2.1* , **nilai UCR 0.933**
(1.2 *dead* + 1.6 *live1*)
 - *UCR (service)* : *Comb service 8.1.2* , **nilai UCR 0.568**
(1.0 *dead* + 0.75 *live1* + 0.525 *quake2*)
 - defleksi : *Comb ultimate 7.2.2* , **defleksi terbesar 0.02 meter**
(1.2 *dead* + 1 *live2* + 1.0 *quake2*)
 - gaya dalam (V2) : *Comb ultimate 2.2*
(1.2 *dead* + 1.6 *live2*)
 - gaya dalam (V3) : *Comb ultimate 6.2.1*
(1.2 *dead* + 1.0 *live1* + 1*wavecurx*- +1*moortran*-)
 - gaya dalam (M2) : *Comb ultimate 6.2.1*
(1.2 *dead* + 1.0 *live1* + 1*wavecurx*- +1*moortran*-)
 - gaya dalam (M3) : *Comb ultimate 2.1*
(1.2 *dead* + 1.6 *live1*)
 - reaksi perletakan : *Comb ultimate 7.2.2*
(1.2 *dead* + 1 *live2* + 1.0 *quake2*)
6. Hasil penulangan dapat dilihat pada Tabel 4, Tabel 5 dan Tabel 6.

DAFTAR PUSTAKA

- American Society of Civil Engineers, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*, ASCE/SEI 7-10, Reston, 2010
- British Standard Institute, Maritime Structures*, BS 6349.
- Computers and Structures, Inc., SAP2000 Design Manual*, Berkeley.
- Computers and Structures, Inc., SAP2000 Tutorial Manual*, Berkeley.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk bangunan Gedung*, SNI 03-1726, Badan Standarisasi Nasional, Bandung, 2002.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Tata Cara Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung*, SNI 03-2847, Badan Standarisasi Nasional, Bandung, 2002.
- Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, *Peraturan Beton Bertulang Indonesia*, Cetakan ke-7, Bandung, 1971.
- Departemen Perindustrian dan Perdagangan, *Baja Tulangan Beton*, SNI 07-2052, Badan Standarisasi Nasional, 2002.

Fentek Marine Systems GmBH, Marine Fendering Systems, Hamburg, 2001.
Kementrian Pekerjaan Umum, Peta Hazard Gempa Indonesia 2010 sebagai Acuan Dasar Perencanaan dan Perancangan Infrastruktur Tahan Gempa, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta, 2010.
Liebherr Container Cranes Ltd., Technical Description Ship to Shore Gantry Cranes, Fossa. Maritime International Inc., Mooring Bollard, 2010.
Port Designer's Handbook, Thomas Telford Publishing, (Thoresen, 2003)
The Overseas Area Development Institute of Japan (OCDI), 2002, Technical standards and Commentaries for port and Harbour Facilities in Japan, Jepang.