

**PERENCANAAN STRUKTUR DERMAGA *MULTIPURPOSE* DI TELUK LAMONG
PELABUHAN TANJUNG PERAK, SURABAYA**

Sabrina Cita Verawaty Purba

Program Studi Sarjana Teknik Kelautan, FTSL, ITB

citavpoerba@gmail.com

Kata Kunci: Dermaga, Desain, Tulangan

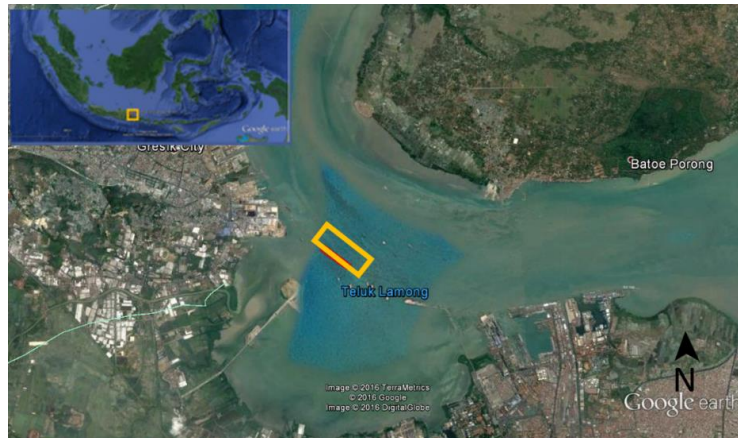
ABSTRAK

Kenaikan arus petikemas di Pelabuhan Tanjung Perak menyebabkan terjadinya stagnasi di Pelabuhan Tanjung Perak. Sehingga diperlukan pembangunan dermaga Multipurpose di Teluk Lamong. Dermaga Multipurpose Teluk Lamong direncanakan melayani dua kapal dengan kapal rencana yang digunakan adalah kapal Container (Panamax) 45000 DWT dan 25000 DWT. Perencanaan jenis dermaga disesuaikan dengan kebutuhan yang akan dilayani, ukuran kapal, arah gelombang, angin, pasang surut, kondisi batimetri dan tanah dasar laut, dan tinjauan ekonomis dari konstruksi. Proses desain dermaga dimulai dengan mengumpulkan dan mengolah data-data lingkungan seperti gelombang, pasang surut, angin, tanah, kecepatan arus, dan batimetri akan menjadi data primer yang digunakan untuk menentukan kriteria desain sebagai syarat perencanaan struktur, penentuan layout, perhitungan pembebanan, pemodelan struktur, dan desain penulangan struktur yang optimal agar struktur tidak dibangun secara overdesign ataupun mengalami kegagalan/keruntuhan selama masa operasi. Perancangan dan pemodelan struktur ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000. Output dari perangkat lunak ini berupa unity check ratio (UCR), defleksi struktur, reaksi perletakan dan gaya dalam pada balok dan pelat. Output ini digunakan sebagai parameter untuk merancang detail dimensi dan tulangan pada komponen beton bertulang, yaitu balok, pelat, dan pilecap, serta penentuan profil tiang baja. Selain itu, reaksi perletakan dari program SAP2000 dan data tanah akan digunakan untuk dilakukan analisis daya dukung tanah terhadap tiang pancang di lokasi tersebut.

Kata kunci: dermaga, *container*, desain

PENDAHULUAN

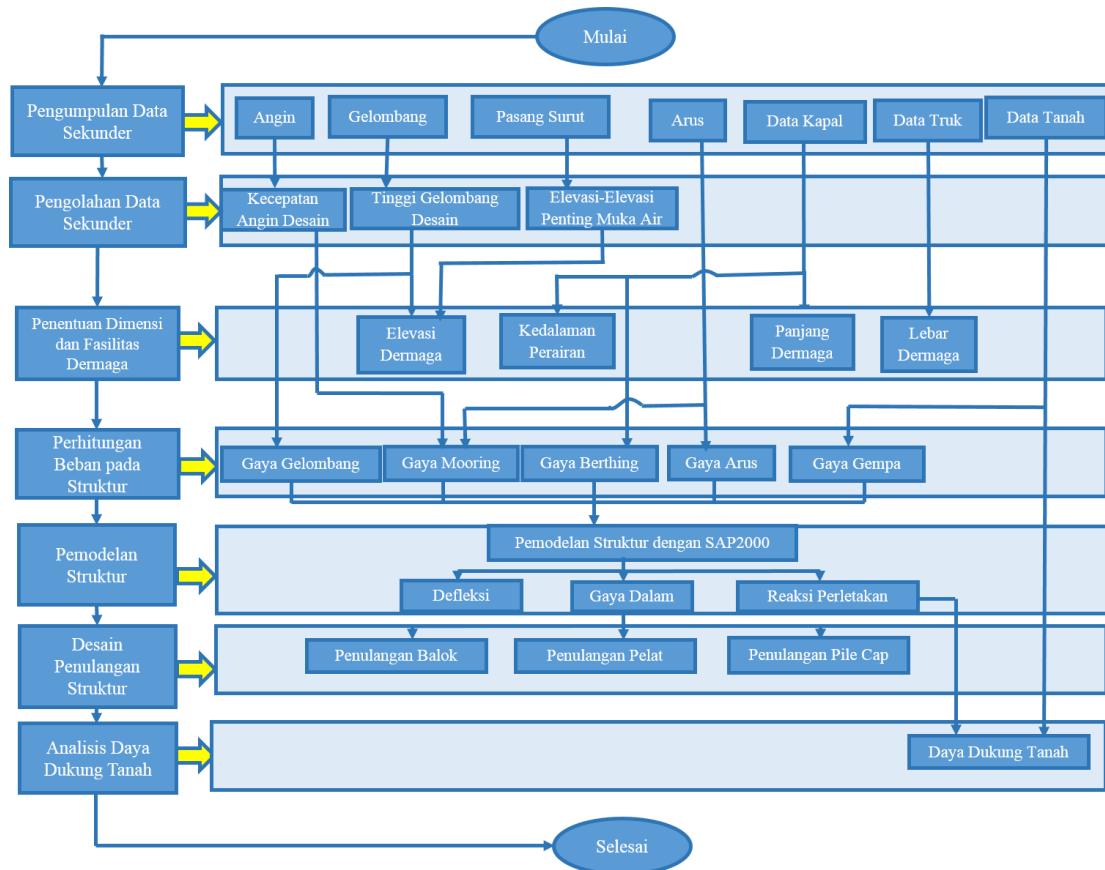
Perkembangan ekonomi di Provinsi Jawa Timur yang berkembang sangat pesat menyebabkan Pelabuhan Tanjung Perak sebagai pelabuhan utama di Provinsi Jawa Timur kini telah mengalami kelebihan muatan untuk melayani arus keluar masuk barang melalui jalur laut. Kenaikan arus petikemas di Pelabuhan Tanjung Perak, pembangunan dermaga Multipurpose Teluk Lamong dilakukan untuk menghindari terjadinya stagnasi di Pelabuhan Tanjung Perak. Dermaga Multipurpose Teluk Lamong direncanakan melayani dua kapal dengan jenis kapal yang digunakan adalah kapal Container (Panamax) 45000 DWT dan 25000 DWT. Lokasi struktur dermaga yang direncanakan ditunjukkan pada **Gambar 1** dengan letak geografis $7^{\circ} 11' 08.1''$ Lintang Selatan dan $112^{\circ} 41' 10.4''$ Bujur Timur.



Gambar 1. Lokasi Dermaga Petikemas Teluk Lamong di Selat Madura

TEORI & METODOLOGI

Dermaga Petikemas Teluk Lamong dibangun untuk mengakomodasi 2 kapal dengan muatan yang berbeda yaitu 1 kapal dengan muatan 45000 DWT dan 1 kapal dengan muatan 25000 DWT. Panjang dermaga yang akan dibangun harus mampu menampung panjang LOA 2 kapal dan spasi aman 2 kapal. Bentuk layout dermaga dipilih tipe *jetty* yaitu layout dermaga dimana struktur dermaga tegak lurus dengan garis pantai, dan dibangun jauh menjorok ke laut yang bertujuan agar kedalaman perairan memenuhi *draft* kapal. Pelabuhan Teluk Lamong terdapat *trestle* yang menghubungkan dermaga dengan pantai, namun dalam tugas akhir ini tidak mencakup pemodelan struktur *trestle* dan hanya lingkup struktur dermaga saja. **Gambar 2** menunjukkan langkah-langkah pengerjaan pada tugas akhir ini.



Gambar 2. Gambar denah Dermaga Teluk Lamong

Elevasi dermaga dirancang sedemikian rupa pada elevasi 3.5 m agar dermaga tidak terendam pada saat pasang dan kapal tetap dapat bersandar pada saat surut. Dengan tinggi gelombang desain sebesar 0.5 m dan periode gelombang 5.5 detik. Kecepatan angin desain pada dermaga adalah 30 m/s dan arus sebesar 0.772 m/s. Beban vertikal terdiri atas beban mati struktur, beban struktur pendukung seperti *bollard* dan *fender* serta beban hidup seperti beban *container crane*, truk, serta pejalan kaki. Beban horizontal terdiri atas beban gelombang, beban arus, beban gempa, serta beban *berthing* dan *mooring*.

Pemodelan struktur menggunakan metode elemen hingga yaitu *software* SAP2000. *Software* tersebut digunakan untuk menguji kekuatan dari struktur terhadap beban yang bekerja. Komponen struktur yang dimodelkan hanya berupa tiang pancang, balok, serta pelat lantai dermaga. Pendefinisian beban dilakukan dengan dua cara yaitu manual dan otomatis. Kombinasi pembebanan yang digunakan merujuk pada ASCE dan *British Standard* yang ditunjukkan pada **Tabel 1** sebagai berikut:

Tabel 1 Kombinasi pembebanan

ASCE	
<i>Service Load State</i>	<i>Ultimate Load State</i>
1. $1.0D$	14. $1.4D$
2. $1.0D + 1.0L$	15. $1.2D + 1.6L$
3. $1.0D + 0.6(W + C + B)$	16. $1.2D + 0.5(W + C + B)$
4. $1.0D + 0.6(W + C + M)$	17. $1.2D + 0.5(W + C + M)$
5. $1.0D + 0.7E$	18. $1.2D + 1.0(W + C + B) + 1.0L$
6. $1.0D + 0.75L + 0.45(W + C + B)$	19. $1.2D + 1.0(W + C + M) + 1.0L$
7. $1.0D + 0.75L + 0.45(W + C + M)$	20. $1.2D + 1.0E + 1.0L$
8. $1.0D + 0.75L + 0.525E$	21. $0.9D + 1.0E$

BRITISH STANDARD	
<i>Service Load State</i>	<i>Ultimate Load State</i>
9. $1D + 1.1L$	22. $1.2D$
10. $1D + 1(W + C) + 1.1B$	23. $1.2D + 1.4L$
11. $1D + 1(W + C) + 1.1M$	24. $1.2D + 1.4(W + C) + 1.4B$
12. $1D + 1E$	25. $1.2D + 1.4(W + C) + 1.4M$
13. $1D + 1E + 1.0L$	26. $1.2D + 1.2E$
	27. $1.2D + 1.2E + 1.2L$

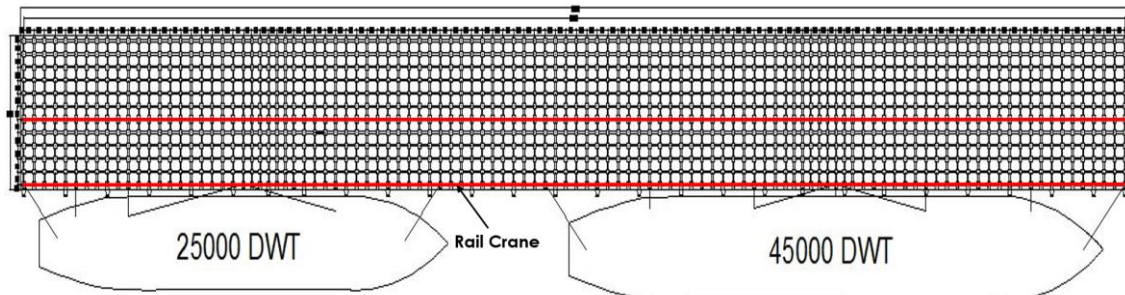
Keterangan:

- D = Beban mati
- L = Beban hidup
- E = Beban gempa
- A = Beban arus
- M = Beban *mooring*
- B = Beban *berthing*
- C = Beban arus

Output pemodelan adalah berupa gaya-gaya dalam pada komponen struktur yang dijadikan acuan dan bahan untuk proses perhitungan penulangan komponen struktur dermaga. Kebutuhan penulangan pada struktur beton diakibatkan karena sifat beton yang kuat terhadap gaya tekan tetapi lemah terhadap gaya tarik. Penulangan elemen beton terdiri atas penulangan lentur dan penulangan geser.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan dari panjang dermaga yang dibutuhkan terhadap kapal sandar kemudian disketsakan dengan menggunakan *software* AutoCAD. Pada **Gambar 3** disajikan denah Dermaga Teluk Lamong hasil perhitungan.

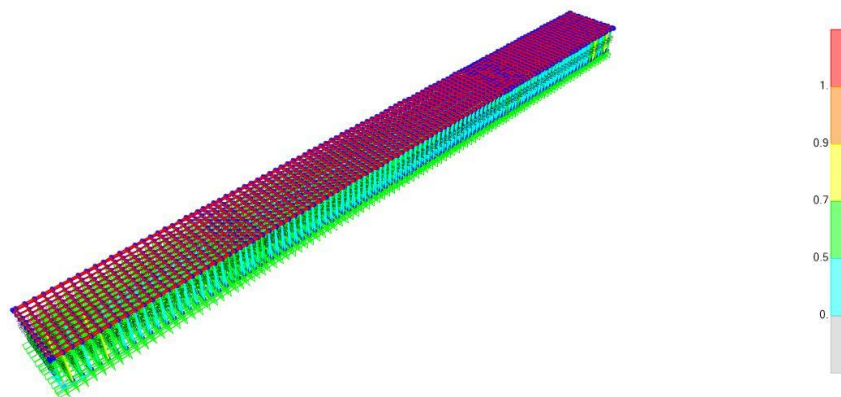


Gambar 3. Gambar denah Dermaga Teluk Lamong

Setelah dilakukan pemodelan dengan *software* SAP2000, output yang dapat diambil adalah nilai Unity Check Ratio (UCR) tiang pancang, defleksi struktur, gaya dalam, serta reaksi perletakan dari tumpuan struktur dermaga. Tabel output UCR struktur dermaga ditampilkan pada **Tabel 2**. Adapun gaya dalam maksimum ditunjukkan pada **Tabel 3**, sedangkan defleksi maksimum struktur dermaga ditampilkan **Tabel 4**.

Tabel 2 Nilai output maksimum dan minimum *Unity Check* tiang pancang dermaga

UCR	
Max	0.78



Gambar 4. Gambar denah Dermaga Teluk Lamong

Tabel 3 Nilai output gaya dalam balok pada *Software* SAP2000

Jenis	Jenis Gaya Dalam	Gaya Dalam	Satuan	Kombinasi
Balok X	V2+	2299.846	kN	1.2D + 1.6L
	V2-	2043.88	kN	1.2D + 1.6L
	V3+	0.00	kN	1.2D + 1.6L
	V3-	0.00	kN	1.2D + 1.6L
	M2+	65.6	$kN - M$	1.2D + 1.6L
	M2-	-42.75	$kN - M$	1.2D + 1.0(W + C + M) + 1.0L
	M3+	2113.01	$kN - M$	1.2D + 1.6L
	M3-	-1584.01	$kN - M$	1.2D + 1.6L
Balok Y	V2+	802.11	kN	1.2D + 1.6L
	V2-	-777.55	kN	1.2D + 1.6L
	V3+	0.00	kN	1.2D + 1.6L
	V3-	0.00	kN	1.2D + 1.6L
	M2+	0.00	$kN - M$	1.2D + 1.4(W + C) + 1.4M
	M2-	0.00	$kN - M$	1.2D + 1.4(W + C) + 1.4M
	M3+	590.81	$kN - M$	1.2D + 1.6L
	M3-	-788.10	$kN - M$	1.2D + 1.6L
Pelat	M11+	63.54	$kN - M$	1.2D + 1.6L
	M11-	-73.67	$kN - M$	1.2D + 1.6L
	M22+	60.10	$kN - M$	1.2D + 1.6L
	M22-	-79.08	$kN - M$	1.2D + 1.6L

Tabel 4 Nilai output defleksi maksimum struktur dermaga pada *Software* SAP2000

Joint	Arah	Defleksi (m)	Kombinasi Pembebanan	Kombinasi Pembebanan
1554	U1	0.0006	COMB11.01	1D + 1 (W+C) +1.1 M
14	U2	0.0134	COMB11.01	1D + 1 (W+C) +1.1 M
1565	U3	0.01	COMB13.02	1D + 1E + 1L

Gaya-gaya dalam pada output pemodelan tersebut kemudian dipakai sebagai input perhitungan desain tulangan, baik untuk tulangan lentur dan tulangan geser.

1. Diameter tulangan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- D36 digunakan untuk tulangan lentur pada balok dermaga sepanjang rel crane.
- D16 digunakan untuk tulangan geser pada balok dermaga sepanjang rel crane.
- D29 digunakan untuk tulangan lentur memanjang dan melintang balok dermaga.
- D12 digunakan untuk tulangan geser memanjang dan melintang balok dermaga.
- D13 digunakan untuk tulangan lentur pelat dermaga.
- D25 digunakan untuk tulangan lentur pile cap biasa.
- D29 digunakan untuk tulangan lentur pile cap fender

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengerjaan tugas akhir “Perencanaan Struktur Dermaga Multipurpose di Teluk Lamong, Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya” dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Struktur dermaga yang didesain adalah dermaga multipurpose dengan kapal rencana jenis Container yaitu 25000 DWT dan 45000 DWT. Dimensi dermaga adalah sebagai berikut:
 - Elevasi dermaga = +3.5 dari LWS
 - Total lebar dermaga = 47 meter
 - Total Panjang Dermaga = 429 meter
2. Tipe dermaga adalah tipe deck on pile.
3. Fasilitas struktur yang digunakan yaitu:
 - Jenis *fender* : *fender Super Cone* SCN 1600 E1.4 dengan:
ER = 1701 kN-m
RR = 2055 kN
 - Jenis *bollard*: *Tee bollard* 200 ton
4. Elemen struktur pada dermaga memiliki dimensi sebagai berikut:
 - **Tiang Pancang**
Diameter tiang pancang 0.91 meter
Tebal tiang pancang: 0.0175 meter
 - **Pilecap**
Pilecap biasa : 2.5 m x 1.5 m x 2.5 m
Pilecap biasa : 1.5 m x 1.5 m x 1.5 m
 - **Balok**

Balok biasa : 600mm x 800mm

Balok disepanjang rel crane : 900mm x 1200mm

- **Pelat**

Tebal : 400 mm

5. Dari hasil analisis pemodelan struktur dengan SAP2000, struktur telah memenuhi persyaratan defleksi izin dan syarat *Unity Check Ratio* (UCR).
6. Diameter tulangan yang digunakan adalah sebagai berikut:
 - Tulangan lentur pada balok dermaga sepanjang rel crane dengan jumlah tulangan atas 5 buah dan bawah 6 buah.
 - $\phi 19$ digunakan untuk tulangan geser pada balok dermaga sepanjang rel crane dengan jarak antar tulangan 120mm
 - D29 digunakan untuk tulangan lentur memanjang dan melintang balok dermaga dengan jumlah tulangan atas 5 buah dan bawah 4 buah.
 - $\phi 12$ digunakan untuk tulangan geser memanjang dan melintang balok dermaga dengan jarak antar tulangan 100mm.
 - D13 digunakan untuk tulangan lentur pelat dermaga dengan jumlah 6 buah pada arah x dan y setiap 1 meter.
 - D25 digunakan untuk tulangan lentur pile cap biasa dengan jumlah 8 buah.
 - D25 digunakan untuk tulangan lentur pile cap fender dengan jumlah 14 buah.
7. Berdasarkan analisis daya dukung tekan tanah, dapat disimpulkan bahwa daya dukung tanah mampu menopang beban tekan struktur dermaga, dengan $P_{total} < P_{allow}$ (582.841ton < 592 ton).
8. Berdasarkan analisis daya dukung tarik tanah, dapat disimpulkan bahwa daya dukung tanah mampu menopang beban tarik struktur dermaga, dengan $T_{u(all)} < F$ (813.04 kN < 503.52 kN)

SARAN

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam perancangan struktur dermaga *multipurpose* pada laporan ini:

- Perlu dilakukan analisis terhadap dimensi penampang balok, pelat, dan *pilecap*, serta bentang efektif balok akibat lebar *pilecap*, agar penggunaan material struktur lebih optimal.
- Perlu dilakukan perancangan sambungan tulangan antarelemen struktur agar desain tulangan mendekati kondisi yang sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- British Standard, Maritime Structures – Part 1: Code of Practice for General Criteria (BS 6349-1 2000)*
- British Standard, Maritime Structures – Part 4: Code of Practice for Design of Fendering and Mooring Systems (BS 6349-4 1994)*
- Das, Braja M., *Principles of Foundation Engineering*, 2nd Edition, PWS-KENT Publishing Company, Massachussets, 1990.

J.H. Menge & Company. 2002. *Fentek Catalogue: Marine Fendering System*.

SNI 03 1726-2002., *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional., Jakarta.

SNI 03 2847-2013., *Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung*, Badan Standarisasi Nasional., Jakarta.

The Overseas Coastal Area Development Institute of Japan (OCDI), *Technical Standards For Port And Harbour Facilities in Japan*. Daikousha Printing Co. Ltd., Tokyo Japan. 2002

Thoresen, Carl.A., *Port Designer's Handbook, Recommendations and Guidelines*. Tapir Publishing., Tormheim Norway. 1988

Trelleborg. 2007. *Safe Berthing and Mooring, Trelleborg Marine Systems*. ____: Trelleborg.

ASCE Standard 7 2010, *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures (ASCE 7-10)*

Triatmodjo, Bambang. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset