

SEMINAR NASIONAL-1 BMPTSSI - KoNTekS 5

Universitas Sumatera Utara, Medan - 14 Oktober 2011

ANALISIS PERUBAHAN DEFLEKSI STRUKTUR DERMAGA AKIBAT KENAIKAN MUKA AIR LAUT

Daniel Rivandi Siahaan¹ dan Olga Pattipawaej²

¹Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Jl. Prof. drg. Suria Sumatri, MPH No. 65, Bandung
Email: rivandidaniel@yahoo.com

²Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Jl. Prof. drg. Suria Sumatri, MPH No. 65, Bandung
Email: olga.pattipawaej@eng.maranatha.edu

ABSTRAK

Perkembangan ekonomi di Indonesia sangat memerlukan sarana dan prasarana yang sangat baik, terutama transportasi laut. Moda transportasi laut menjadi pilihan utama di Indonesia, sehingga dermaga dan pelabuhan harus mampu mendistribusikan barang untuk menghindari penumpukan barang. Disisi lain, pemanasan global saat ini mengakibatkan kenaikan air laut. Kenaikan air laut mengakibatkan gaya gelombang yang semakin besar pada dermaga dan penambahan defleksi pada struktur dermaga. Tulisan bertujuan untuk melihat seberapa besar pengaruh kenaikan muka air terhadap deformasi struktur. Walaupun sebenarnya bukan hanya faktor gelombang yang mempengaruhi struktur dermaga yang akan ditinjau, tapi untuk tulisan ini difokuskan pada kajian terhadap gaya gelombang. Struktur dermaga yang digunakan untuk melayani satu kapal DWT 70000 dan satu kapal DWT 30000. Gaya gelombang dalam kondisi tidak pecah dihitung menggunakan persamaan Morison. Data kenaikan muka air laut menggunakan hasil penelitian dari IPCC. Dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000, defleksi maksimum pada kolom mengalami kenaikan setelah terjadinya kenaikan muka air laut.

Kata kunci: struktur dermaga, kenaikan muka air laut, defleksi struktur

1. PENDAHULUAN

Laju perkembangan ekonomi yang semakin cepat pada suatu wilayah membutuhkan sarana dan prasarana pendukung yang cukup dan dapat diandalkan. Dalam hal ini transportasi sangat memegang peranan yang penting dalam pendistribusian barang dan manusia. Setiap moda transportasi memiliki karakteristik, keunggulan dan kekurangan, sehingga pengoptimalan moda ini perlu dilakukan untuk mencapai distribusi yang diinginkan. Moda transportasi laut masih menjadi pilihan utama di Indonesia dalam pendistribusian barang dalam jumlah yang besar, fluktuasi dan penumpukan barang dan kapal yang terjadi biasanya merupakan masalah yang sering terjadi di area dermaga dan pelabuhan.

Pemanasan global saat ini menjadi pusat perhatian pihak perencana dermaga pelabuhan, karena gunung es yang mencair mengakibatkan penambahan volume air laut sehingga terjadi kenaikan elevasi muka air laut. Akibat naiknya permukaan air laut, maka kecenderungan terjadi perubahan garis pantai yang tidak dapat dihindari. Hal ini akan menyebabkan terjadinya perubahan stabilitas lereng muka pantai dimana pondasi dermaga diletakkan, sehingga dapat mengakibatkan kegagalan pada pondasi. Kenaikan air laut yang terjadi akan mengakibatkan gaya gelombang yang semakin besar pada dermaga dan penambahan defleksi pada struktur dermaga tersebut, sehingga kemungkinan terjadi dermaga akan mengalami kegagalan struktur yang tidak diinginkan.

Tulisan ini difokuskan pada analisis perubahan defleksi struktur dermaga akibat naiknya muka air laut dan kajian difokuskan terhadap gaya gelombang. Pola perubahan lingkungan akibat pemanasan global dimasukkan dalam analisis struktur dermaga. Sehingga melalui analisis ini diperoleh desain struktur yang tepat untuk perioda ulang rencana yang diinginkan.

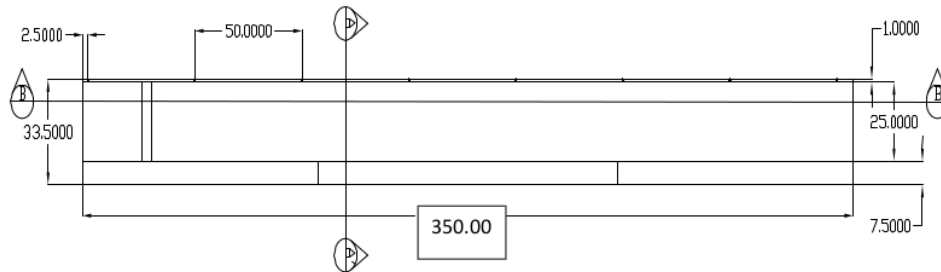
2. STRUKTUR DERMAGA

Struktur dermaga pada tulisan ini didesain untuk melayani satu kapal DWT 70000 dan satu kapal DWT 30000. Data-data kapal tersebut dapat dilihat pada Tabel 1, dimana DWT: *Dead Weight Tonnage*, M: *Maximum Displacement*, LoA: Panjang Keseluruhan Kapal, LBP: *Length Between Perpendicular*, B: lebar kapal, F: *Freeboard* (tinggi kapal di atas permukaan air), draft: *draft* kapal, dan C_B: koefisien blok kapal.

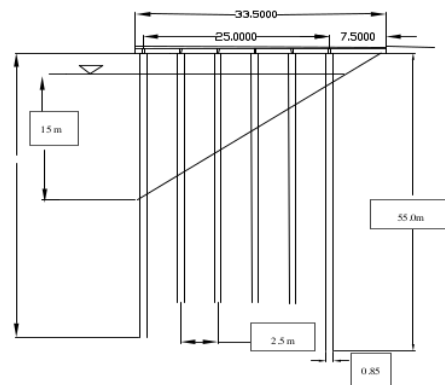
Tabel 1. Data Kapal

DWT (t)	MD (t)	LoA (m)	L _{BP} (m)	B (m)	F (m)	Draft (m)	C _B
70000	100000	280	266	41.8	9.2	13.8	0.636
30000	40500	210	200	30.0	6.9	5.9	0.615

Gambar 1 adalah layout dermaga, dengan panjang dermaga (P) adalah 340 m dan lebar dermaga (L) adalah 33,5 m (jarak antar rel untuk crane 25m, lebar lapangan penumpukan kontainer 7,5m, dan freeboard 1m).



Gambar 1. Layout dermaga



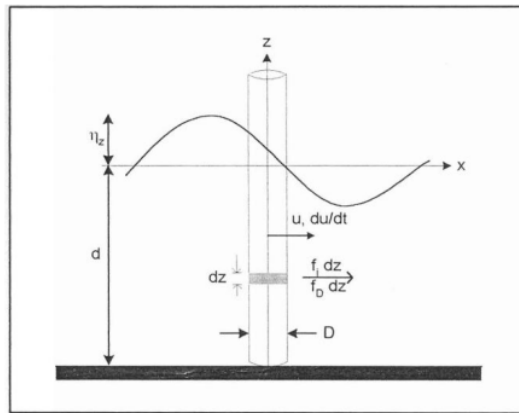
Gambar 2. Potongan AA'

3. GAYA GELOMBANG

Parameter gelombang desain di dalam kolam pelabuhan untuk Pelabuhan Kontainer adalah tinggi gelombang (H) 1m, perioda gelombang (T) 4 detik, kondisi gelombang tidak pecah (*nonbreaking waves*). Gambar 3 memperlihatkan parameter gaya pada tiang dermaga dengan koefisien drag (C_D) 0,8, koefisien massa (C_M) 1,7, diameter tiang (D) 0,85 m, dan kedalaman perairan (d) 12m. Gaya gelombang pada tiang vertikal dengan kondisi gelombang tidak pecah dihitung menggunakan persamaan Morison (1950) dari Shore Protection Manual (SPM, 1984).

$$f = f_D + f_I = C_D \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot D \cdot u \cdot |u| + C_M \cdot \rho \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{du}{dt} \quad (1)$$

dimana f : gaya gelombang per unit panjang tiang (N/m), f_D : gaya drag per unit panjang tiang (N/m), f_I : gaya inersia per unit panjang tiang (N/m), ρ : massa jenis air laut (1025kg/m³), u : kecepatan partikel air pada arah sumbu x (m/det), dan $\frac{du}{dt}$: percepatan partikel air pada arah sumbu x (m/det²).



Gambar 0. Sketsa definisi parameter gaya pada tiang

Syarat penggunaan persamaan Morison tersebut adalah:

$$\frac{D}{L} < 0.05 \quad (1)$$

dimana L adalah panjang gelombang (m). Gaya horizontal (F) dan momen total (M) untuk desain struktur pada pile tunggal, didapat dengan mengintegalkan persamaan (1), yaitu

$$F = \int_{-d}^{\eta} f_D dz + \int_{-d}^{\eta} f_I dz = F_D + F_I \quad (2)$$

$$M = \int_{-d}^{\eta} (z+d) f_D dz + \int_{-d}^{\eta} (z+d) f_I dz = M_D + M_I \quad (3)$$

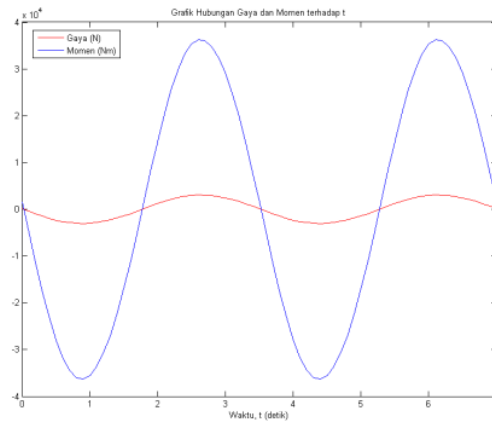
dimana F adalah gaya horizontal total pada tiang (N), η adalah tinggi permukaan air (m), M adalah momen total pada tiang (Nm), z adalah posisi pada arah vertikal (m), M_D adalah momen akibat gaya drag (Nm), dan M_I adalah momen akibat gaya inersia (Nm). Dean and Dalrymple (1984) menurunkan persamaan (3) dan (4) sehingga diperoleh:

$$F = C_D \cdot D \cdot n \cdot E \cdot \cos(kx - \sigma t) \cdot |\cos(kx - \sigma t)| + C_M \cdot \pi \cdot D \cdot E \cdot \frac{D}{H} \cdot \tanh(kd) \cdot \sin(kx - \sigma t) \quad (4)$$

dan

$$M = C_D \cdot D \cdot n \cdot E \cdot \cos(kx - \sigma t) \cdot |\cos(kx - \sigma t)| \left\{ d \left[1 - \frac{1}{2n} \left(\frac{\cosh(2kd) - 1 + 2(kd)^2}{2kd \sinh(2kd)} \right) \right] \right\} + C_M \cdot \pi \cdot D \cdot E \cdot \frac{D}{H} \cdot \tanh(kd) \cdot \sin(kx - \sigma t) \left\{ d \left[1 - \frac{\cosh(kd) - 1}{kd \sinh(kd)} \right] \right\} \quad (5)$$

dimana E merupakan energi gelombang per unit luas permukaan atau $\frac{1}{8} \cdot \rho \cdot g \cdot H^2$ (J/m²), g percepatan gravitasi (9.81 m/det²), n adalah perbandingan kecepatan grup gelombang terhadap kecepatan tunggal gelombang atau $\frac{1}{2} \left(1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right)$, k adalah koefisien gelombang atau $\frac{2\pi}{L}$ (m⁻¹), σ kecepatan sudut gelombang atau $\frac{2\pi}{T}$ (rad/det), dan x merupakan lokasi tiang pada sumbu horizontal (m). Sehingga diperoleh grafik hubungan gaya dan momen terhadap t seperti pada Gambar 4, sehingga diperoleh harga maksimum untuk gaya dan momen adalah F_{max} sebesar 5698.88 N dan M_{max} sebesar 57104.87 Nm, serta titik tangkap gaya gelombang sebesar $\frac{M_{max}}{F_{max}} = 10$ m dari dasar perairan.



Gambar 4. Hubungan Gaya dan Momen terhadap t

4. KENAIKAN MUKA AIR LAUT (*MARINE GROWTH*)

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan secara akurat oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) mengemukakan bahwa terjadi kenaikan muka air laut maksimum sampai dengan 50 cm untuk 50 tahun kedepan. Hal ini menyebabkan terjadinya kemunduran garis pantai. Hal ini bisa dilihat dari hasil simulasi perhitungan garis pantai berikut ini.

1. Perhitungan tinggi gelombang maksimum dari data angin (*hindcasting*)

Tabel 2 menunjukkan data angin, data lokasi untuk selanjutnya diolah menjadi untuk menentukan tinggi gelombang maksimum untuk tiap arah untuk beberapa periode ulang.

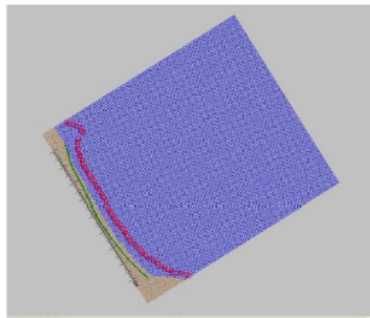
Tabel 2. Data angin

Waktu	Kecepatan	Arah Angin
1993 08 01	4	135
1993 08 02	5	225
1993 08 03	5	135
1993 08 04	5	135
1993 08 05	4	135
1993 08 06	4	180

2. Data lokasi dan penentuan *fetch* efektif.

Fetch efektif dan koreksi durasi diperlukan untuk pengolahan data angin selanjutnya. Dalam hal ini *fetch* bertujuan untuk menentukan arah angin terbesar yang mempengaruhi terbentuknya gelombang, sehingga dapat menghasilkan data gelombang tertinggi untuk setiap arah angin yang cenderung membentuk gelombang tersebut. Sehingga diperoleh data elevasi untuk analisis struktur dermaga, yaitu Hws (*highest water spring*) 135.17 cm, Mhws (*mean high water spring*) 109.13 cm, Mhw1 (*mean high water level*) 62.04 cm, Msl (*mean sea level*) 0.0 cm, Mlwl (*mean low water level*) -63.83 cm, Mlws (*mean low water spring*) -108.03 cm, dan Lws (*lowest water spring*) -131.13 cm.

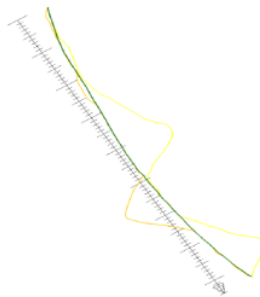
3. Data lokasi yang digunakan akan dibuat pemodelan berupa grid model yang kemudian disesuaikan dengan data elevasi penting yang telah didapatkan pada langkah (2), sehingga diperoleh model simulasi pantai seperti Gambar 5.



Gambar 5. Model simulasi pantai

4. Pemodelan perubahan garis pantai.

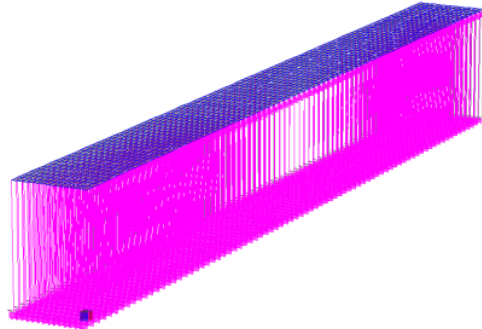
Dengan menggunakan parameter yang telah dijelaskan pada langkah (3) didapatkan pola perubahan garis pantai seperti Gambar 6 yang menunjukkan pola pergeseran garis pantai hampir kira kira 50 m kearah darat. Nilai ini tentu akan mempengaruhi input gaya gelombang terhadap struktur dermaga.



Gambar 6. Pola pergeseran garis pantai

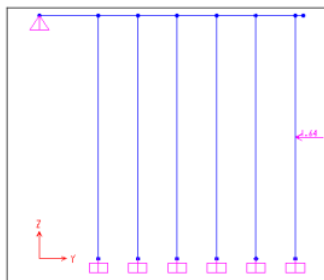
5. MODEL STRUKTUR DERMAGA

Struktur dermaga didesain dengan balok beton 30/60 cm, kolom beton berbentuk lingkaran dengan diameter 0.85 m. Gambar 7 merupakan model tiga dimensi struktur dermaga.



Gambar 7. Model 3 dimensi struktur dermaga

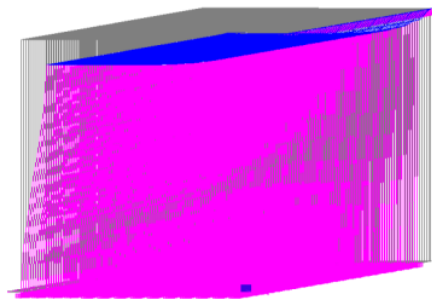
Pemodelan beban yang bekerja dilakukan dilakukan mengacu pada perhitungan gaya pada dermaga. Dalam hal ini, *self weight* dihitung secara otomatis oleh perangkat lunak SAP 2000. Gambar 8 menunjukkan pemodelan beban gelombang dengan menggunakan perangkat lunak SAP 2000.



Gambar 8. Pemodelan beban gelombang

6. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 9 menunjukkan deformasi struktur sebelum terjadinya kenaikan muka air laut. Tabel 3 memperlihatkan hasil defleksi maksimum dari struktur dermaga sebelum dan sesudah terjadinya kenaikan muka air laut.

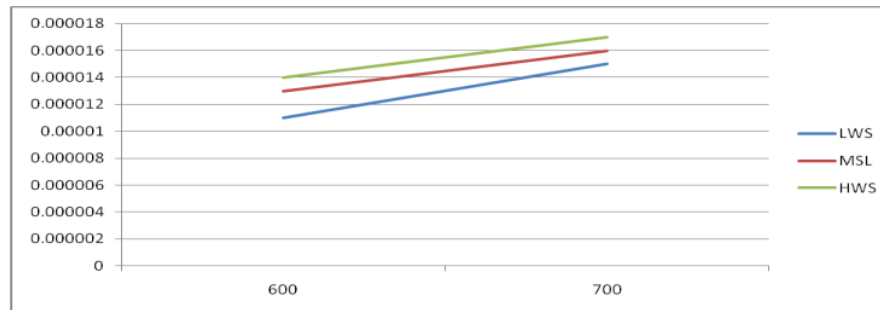


Gambar 9. Deformasi struktur sebelum kenaikan muka air laut

Tabel 3 Defleksi maksimum struktur dermaga

Kondisi	Sebelum kenaikan muka air laut			Setelah kenaikan muka air laut		
	x	y	z	x	y	Z
Muka air rata-rata	-	-0.000013	-0.000018	-	-0.000016	-0.000019
Muka air tertinggi (pasang)	-	-0.000014	-0.000018	-	-0.000017	-0.000019
Muka air terendah (surut)	-	-0.000011	-0.000018	-	-0.000015	-0.000019

Berdasarkan hasil dari Tabel 3 memperlihatkan deformasi yang terjadi cenderung berubah terhadap arah global sumbu y. Hal ini menunjukkan bahwa untuk deformasi struktur yang diakibatkan oleh pembebanan gelombang terjadi searah dengan arah gelombang itu sendiri. Deformasi maksimum terjadi pada kolom atau tiang pancang dermaga. Sedangkan untuk balok, deformasi cenderung stabil untuk setiap besar pembebanan gelombang. Oleh kolom untuk desain dermaga sangat dipengaruhi oleh gaya gelombang. Dalam proses desain, perlu ditinjau kembali prosedur standar yang digunakan untuk kolom, baik itu untuk stabilitas maupun perencanaan tulangan tarik dan tekan. Gambar 10 memperlihatkan hubungan antara beban dan deformasi struktur.



Gambar 10. Hubungan beban dan deformasi struktur dermaga

Untuk kondisi sebelum kenaikan muka air 50 tahunan diinterpretasikan dengan angka 600 kg, angka ini sesuai dengan perhitungan gaya gelombang yang telah terfaktor. Demikian juga dengan nilai 700 kg adalah nilai gaya gelombang setelah kenaikan muka air 50 tahunan. Gambar 10 memperlihatkan kenaikan defleksi struktur saat terjadi kenaikan muka air laut, dimana LWS (kondisi surut), MSL(kondisi muka air rata-rata), dan HWS (muka air pasang).

7 KESIMPULAN

Indonesia sebagai Negara kepulauan/maritime, peranan pelayaran adalah sangat penting. Dengan demikian diperlukan sarana dan prasarana pengangkutan yang baik di dermaga dan pelabuhan. Saat ini, pemanasan global mengakibatkan kenaikan air laut. Kenaikan air laut mengakibatkan gaya gelombang yang semakin besar pada dermaga dan penambahan defleksi pada struktur dermaga. Struktur dermaga untuk melayani satu kapal DWT 70000 dan satu kapal DWT 30000 dengan gaya gelombang dalam kondisi tidak pecah dihitung menggunakan persamaan Morison, serta data kenaikan muka air laut menggunakan hasil penelitian dari IPCC telah dianalisis untuk melihat perubahan defleksi pada struktur dermaga. Dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000, defleksi maksimum pada kolom mengalami kenaikan setelah terjadinya kenaikan muka air laut.

DAFTAR PUSTAKA

- CERC (1984). *Shore Protection Manual*. US Army Coastal Engineering Research Center, Washington.
 Dean, R.G. and Dalrymple, R.A. (1991). *Water wave mechanics for engineers and scientists*. World Scientific Publishing Co., Pte. Ltd., Singapore.
 Dewobroto, W. (2004). *Aplikasi rekayasa konstruksi dengan SAP 2000*. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta
<http://www.ipcc.ch>

Paper BMPTTSSI KoNTekS 121 2011

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

9%

INTERNET SOURCES

2%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	text-id.123dok.com Internet Source	2%
2	media.neliti.com Internet Source	1%
3	issuu.com Internet Source	1%
4	www.researchgate.net Internet Source	1%
5	pt.scribd.com Internet Source	1%
6	ts.eng.maranatha.edu Internet Source	1%
7	Mochammmad Meddy Danial, Darmania - -, Nanda Purnama Sari. "Pemanfaatan Data Pasang Surut Stasiun Meteorologi dan Maritim untuk Identifikasi Kenaikan Muka Air Laut dan Mitigasi Banjir Kota Pontianak", Jurnal Pengabdi, 2021 Publication	1%

8

fenderteam.com

Internet Source

1 %

9

es.scribd.com

Internet Source

1 %

10

www.scribd.com

Internet Source

1 %

11

imamzhri.blogspot.com

Internet Source

<1 %

Exclude quotes On

Exclude matches Off

Exclude bibliography On

Paper BMPTTSSI KoNTekS 121 2011

GRADEMARK REPORT

FINAL GRADE

/0

GENERAL COMMENTS

Instructor

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7
