

ANALISA GAYA DAN MOMEN HANYUT TERMINAL APUNG YANG RAMAH LINGKUNGAN DI PESISIR JAMBI

Agoes Priyanto dan Irfan Eko Sandjaja

Perekayasa UPT Balai Pengkajian dan Penelitian Hidrodinamika – BPP Teknologi

e-mail: surumiso@yahoo.co.uk

Abstract

When a structure is floating in waves environment, a mean drift force in addition to the oscillatory hydrodynamic forces on the structure will occur. The reason of the occurrence of the drifting forces is that the waves transport the momentum horizontally and the structure will experience a mean horizontal reaction forces.

Based on the model experiment, this paper evaluates the measurement results of a mean drift force and moment on the oil condensate tanker storage terminal in proximity in oblique waves ($\chi=90, 135, 180$ Deg) environment of province Jambi. The model experiments were carried out in shallow basin of Indonesian Hydrodynamic Laboratory.

Kata Kunci : *Moment Hanyut, Oblique wave, Pesisir (Perairan Dangkal).*

Abstrak

Jika struktur terapung di lingkungan gelombang, selain gaya hidrodinamika yang bekerja pada struktur juga ada tambahan gaya hanyut. Terjadinya gaya hanyut adalah gelombang akan membawa momentum arah horizontal dan menghantam struktur maka struktur akan menerima reaksi berupa gaya dan moment hanyut.

Berdasar hasil pengujian model, makalah ilmiah ini mengevaluasi hasil pengukuran gaya dan moment hanyut pada terminal apung di pesisir Jambi akibat lingkungan gelombang oblique ($\chi=90, 135, 180$ derajat). Pengujian model dilaksanakan di kolam dangkal Laboratorium Hidrodinamika Indonesia UPT BPP Hidrodinamika.

Kata Kunci : Moment Hanyut, Gelombang Oblique, Pesisir (Perairan Dangkal).

PENDAHULUAN

Pada akhir-akhir ini kapal tanker di Indonesia sudah mulai digunakan sebagai terminal apung penampung dan bongkar muat minyak (*Floating Storage and Offloading FSO*) yang diproduksi dari daratan seperti di Provinsi Jambi. Kapal tanker tersebut akan ditambat di lokasi perairan selama proses produksi minyak di daerah penghasil minyak dan harus memenuhi kriteria rule atau klas. Dengan kata lain bahwa dalam tahap perencanaan yang menjadi hal terpenting adalah kemampuan FSO dan sistim tambatnya dapat mempertahankan posisinya dalam cuaca yang paling jelek sekalipun, termasuk gaya lateral dan moment hanyut. Maka dari itu dalam perancangan sistim tambat, yang terekspose terhadap angin, arus dan gelombang, diperlukan suatu metode untuk membantu perencana untuk memprediksi performan sistim monitoring.

Dalam perencanaan sistim tambat kapal tanker tersebut sangat diperlukan perhitungan gaya lateral dan moment hanyut (*mean lateral drift forces and moment*) akibat eksitasi gelombang sehingga diperoleh suatu perancangan sistim tambat yang optimal. Alasan terjadinya gaya hanyut pada kapal tanker ini adalah karena gelombang yang merambat sekaligus akan membawa momentum menuju kapal tanker; apabila

gelombang dipantulkan dari kapal tanker maka momentum juga akan dipantulkan, hal ini berakibat kapal tanker akan menerima gaya dan moment hanyut.

Tulisan ini terfokus untuk menganalisa hasil perhitungan gaya lateral dan moment hanyut pada oil condensate tanker di perairan laut dangkal Provinsi Jambi. Hasil pengukuran ini berdasarkan pada model eksperimen di bagian kolam dangkal Manouvring Ocean Basin (MOB) UPT BPP Hidrodinamika BPPT Surabaya. Dimana dalam model eksperimen ini kapal ditambat pada 4 tali-spring linier pada frame tarik. Angka kekakuan dari ke 4 tali-spring adalah sama untuk masing-masing tali dan juga dilengkapi dengan alat sensor gaya (force transducer) pada ujung spring.

KAJIAN PUSTAKA

Sebelum mengevaluasi gaya hanyut, dua asumsi yang akan dipakai yaitu: 1) karena harganya terlalu kecil dibanding dengan potensial order pertama, maka kontribusi potensial order kedua terhadap gaya order kedua diabaikan, 2) gerakan hanyut dibatasi. Dengan menggunakan asumsi ini, kombinasi antara potensial order pertama dengan ekspansi Taylor bisa dipakai untuk mengestimasi gaya order kedua dengan kontribusi perhitungan pengaruh gerakan kapal.

Perhitungan gerakan kapal di gelombang sembarang (*oblique waves*) diselesaikan oleh persamaan berikut ini dimana gerakan surge diabaikan.

$$\sum_{m=1}^6 \begin{bmatrix} -\omega^2 (M + A^{mk}) \\ -i\omega N^{mk} + B \end{bmatrix} \bar{S}^m = F^k \quad (1)$$

dimana A dan N adalah massa tambah dan koefisien damping. Superscript m dan k mewakili mode gerakan dan arah gaya bekerja, dan m,k=2,3,4,5,6 adalah untuk sway, heave, roll, pitch dan yaw. F adalah gaya eksitasi dalam arah mode k.

Gerakan kapal pada strip x didefinisikan sebagai berikut:

$$S^{(2)}(x, \omega) = S^{(2)}(\omega) + xS^{(6)}(\omega) - \overline{OG}S^{(4)}(\omega) \quad (2)$$

$$S^{(3)}(x, \omega) = S^{(3)}(\omega) - xS^{(5)}(\omega) \quad (3)$$

$$S^{(4)}(x, \omega) = S^{(4)}(\omega) \quad (4)$$

Dengan menggunakan metode *near-field* derivasi gaya hanyut 2 dimensi dapat diselesaikan [2]. Menurut [2], besar pergeseran suatu titik P(Y,Z) di permukaan badan kapal sejumlah tertentu, misalnya di titik [(Y-y),(Z-z)] diperoleh dari persamaan berikut:

$$Y - yi = S^{(2)} - \frac{1}{2}(y - y_o)S^{(4)2} - (z - z_o)S^{(4)} \quad (5)$$

$$Y - yi = S^{(2)} - \frac{1}{2}(y - y_o)S^{(4)2} - (z - z_o)S^{(4)} \quad (6)$$

Dengan menggunakan ekspansi Taylor terhadap potensial dari posisi keseimbangan, pergeseran kecepatan potensial bisa didekati sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \Phi(Y, Z; t) = & \epsilon \Phi^{(1)}(y, z; t) \\ & + \epsilon (Y - y) \frac{\partial \Phi}{\partial y}(y, z; t) \\ & + \epsilon (Z - z) \frac{\partial \Phi}{\partial z}(y, z; t) \end{aligned} \quad (7)$$

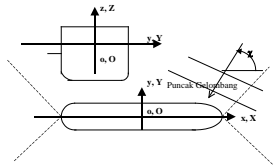
dimana ϵ adalah parameter kecil dan $\Phi(y, z; t)$ adalah kecepatan potensial perseksi kapal yang diperoleh dengan menggunakan metode persamaan integrasi., dimana:

$$\Phi = \Phi_I + \Phi_D + \sum_{m=2}^4 \Phi_R^m S^{(m)} \quad (8)$$

Dengan mensubstitusikan persamaan (8) kedalam persamaan Bernaulli, dan mengintegrasikan tekanan yang bekerja pada kontur badan kapal akan memberikan gaya lateral hanyut perseksi badan kapal.

Koordinat Sistim dan Model

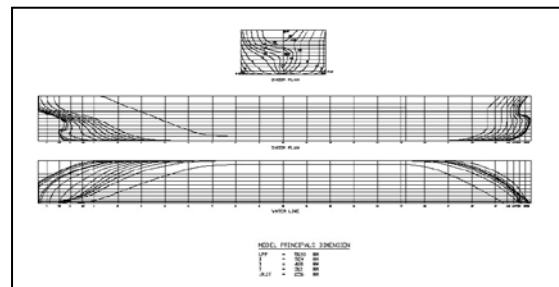
Sistim koordinat fix frame bodi yang bergerak dan frame ruang didefinisikan oleh $o-xyz$ dan $O-XYZ$ seperti Gambar 1. Beban gelombang yang bekerja pada model tanker dimodelkan membentuk sudut heading χ terhadap sumbu x .



Gambar 1. Set up Model Test dan Koordinat Sistim

Model dibuat dari kayu, geometri kapal dan property massa seperti yang terlihat di Tabel 1 dan Gambar 2. Sebelum pengujian, dilakukan adjusting dalam arah melintang dan memanjang model pada posisi pemberat didalam kapal sedemikian hingga diperoleh letak titik pusat gravity dan jari-jari girasi model sesuai rencana.

Adjusting distribusi berat model dilakukan di meja osilasi sedemikian hingga posisi titik pusat gravity model berhimpit dengan sumbu putar meja osilasi. Radius inersia dalam arah memanjang (k_{yy}) akan didapatkan seperti pada pra kalkulasi dengan meletakkan pemberat balas pada arah memanjang didalam model.



Gambar 2. Rencana Garis Tanker

Tabel 1. Properti Tanker

SYMBOL	DESIGNATION	UNIT	100% LOADING CONDITION	
			FULL-SCALE	Model
LOA	Length overall	M	267,000	5,340
LPP	Length perpendicular	M	256,000	5,120
B	Beam	M	46,200	0,924
D	Depth	M	23,800	0,476
T	Draft	M	15,540	0,311
DISPL	Displacement mass	TON	156063,500	1,249
VOL	Displacement volume	M ³	152257,073	1,218
LCG	CoG forward of ½ Loa	M	7,060	0,141
VCG	CoG above keel	M	12,170	0,243
KMT	Metacentric height above keel	M	19,530	0,391
GMT	Transverse metacentric height	M	7,360	0,147
KXX	Roll radius of gyration	M	15,330	0,307
KYY	Pitch radius of gyration	M	83,160	1,663
KZZ	Yaw radius of gyration	M	83,140	1,663

Model Eksperimen

Model eksperimen dilakukan di kolam bagian dangkal Manouvring Ocean Basin (MOB) UPT BPP Hidrodinamika BPPT Surabaya yang mempunyai panjang $L=60\text{m}$, lebar $B=45\text{m}$ dan kedalaman air 0.5m .

Model yang digunakan adalah model kayu berskala 1/50 Tanker 156,000 DWT dengan panjang $L_{pp}=256\text{m}$, lebar $B_{mld}=46\text{m}$ dan sarat $T=15.5\text{m}$. Model ditambat dengan 4 tali-spring pada frame tarik seperti Gambar 3, di ujung ke 4 tali-spring dipasang sensor pengukur gaya (force transducer).

Dalam eksperimen simulasi gelombang seperti contoh Gambar 1 dilakukan secara regular membentuk sudut arah 135 derajat

(quartering seas) dan frekuensi gelombang bervariasi = $0.4 - 1.6$ rad/detik dengan step 0.05 rad/detik, dan tinggi gelombang 2.0 m.



Gambar 3. Model Eksperimen di gelombang

Gaya reaksi di setiap tali tambat akibat gaya eksitasi gelombang yang diukur diuraikan menjadi komponen gaya ke arah longitudinal/surge (F_x) dan transversal/sway (F_y).

$$\begin{aligned} F_x &= F_c \cos \alpha \\ F_y &= F_c \sin \alpha \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(9)$$

Gaya lateral hanyut arah surge (Rm_x) dan sway (Rm_y) pada titik pusat gravitasi model adalah total dari harga mean gaya reaksi disemua tali.

$$\begin{aligned} Rm_x &= F_{x1} + F_{x2} + \dots + F_{x4} \\ Rm_y &= F_{y1} + F_{y2} + \dots + F_{y4} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(10)$$

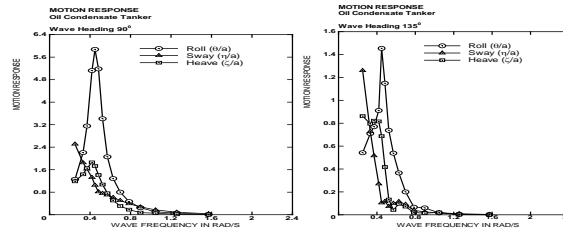
Sedangkan moment hanyut dihitung berdasar gaya reaksi di setiap tali dikalikan dengan jaraknya ke pusat gravitasi model. Hasil pengukuran gaya lateral dan moment hanyut dibuat dalam non dimensional dimana a = amplitudo gelombang, seperti berikut:

$$\begin{aligned} \bar{F}_{x,y} &= \frac{Rm_{x,y}}{0.5\rho ga^2 L} \\ \bar{M}_\psi &= \frac{M_\psi}{0.5\rho ga^2 L^2} \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(11)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Respon gerakan adalah faktor yang terpenting untuk evaluasi gaya lateral dan moment hanyut, sehingga pengukuran respon ini juga dilakukan selama model eksperimen. Hanya 3 mode gerakan, yakni roll, sway dan heave pada arah gelombang 90 dan 135 derajat yang ditampilkan, dan merupakan faktor utama untuk pengamatan gaya dan moment hanyut.

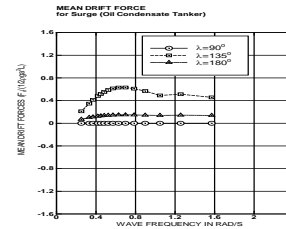
Gambar 4. menunjukkan tiga mode gerakan respon untuk kapal tanker di perairan dangkal akibat eksitasi arah gelombang 90 dan 135 derajat. Kapal mempunyai resonansi gerakan untuk roll pada frekuensi gelombang 0.44 rad/detik.



Gambar 4. Respon gerakan Tanker, arah gelombang 90 dan 135 derajat

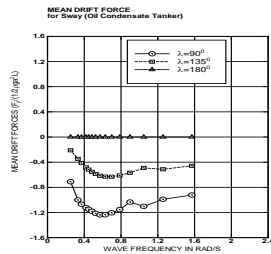
Gaya 6, 7 dan 8 Gambar 6,7 dan 8 menunjukkan gaya lateral hanyut arah surge, sway dan moment yaw hanyut pada tanker arah gelombang 90, 135 dan 180 derajat. Cukup menarik dengan ditemukan bahwa arah gaya lateral adalah searah gelombang, dan tanker akan hanyut ke arah x-positip pada arah gelombang 180 derajat, atau y-negatif pada arah gelombang 90 dan 135 derajat. Fenomena ini dapat diterangkan bahwa interaksi gelombang yang disebabkan oleh laut dangkal untuk melawan besar gelombang datang adalah hampir tidak ada, konsekuensinya tidak ada gaya non-linier yang mendorong badan kapal melawan gelombang datang. Gaya lateral hanyut adalah searah gelombang datang. Pada frekuensi gelombang yang berhimpitan dengan gerakan resonansi, akan terjadi nilai peak gaya lateral maksimum seperti terlihat pada Gambar 6 dan 7.

Secara umum, gaya dan moment hanyut akan mendekati nol pada kondisi frekuensi $\omega \rightarrow 0$ dan $\omega \rightarrow \infty$ untuk tanker, karena tidak ada respon gerakan pada $\omega \rightarrow \infty$ dan respon gerakan heave mempunyai phase yang sama dengan gelombang saat $\omega \rightarrow 0$

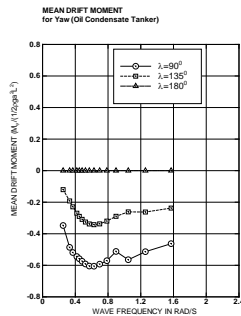


Gambar 6. Gaya hanyut surge pada terminal apung

ANALISA GAYA DAN MOMEN HANYUT TERMINAL APUNG YANG RAMAH LINGKUNGAN
Agoes Priyanto dan Irfan Eko Sandjaja



Gambar 7. Gaya hanyut sway pada terminal apung



Gambar 8. Moment hanyut pada terminal apung

SIMPULAN

Pengaruh kedangkalan terhadap gaya lateral hampir tidak ada. Fenomena ini dapat diterangkan bahwa interaksi gelombang yang disebabkan oleh permukaan dasar laut tidak cukup untuk melawan arah gelombang datang, konsekuensinya tidak ada gaya non-linier

yang melawan gelombang datang. Gaya lateral searah dengan arah gelombang

Gaya dan moment hanyut akan mendekati nol pada kondisi frekuensi $\omega \rightarrow 0$ dan $\omega \rightarrow \infty$ untuk tanker, hal ini karena tidak ada respon gerakan pada $\omega \rightarrow \infty$ dan respon gerakan heave mempunyai phase yang sama dengan gelombang saat $\omega \rightarrow 0$.

DAFTAR PUSTAKA

- Maruo, H : "The Drift Force Exerted by Waves on Floating or Submerged Bodies with Applications to Sand Bars and Wave Power Machines", Proc. of Royal Society of London, Ser. A, Vol. 352, 1977, pp.463-480.
- Fang, M.C., and Kim, C.H. : "Two Dimensional Analysis on The Lateral Drifting Forces Between Two Floating Structures", Journal of Ship Research, Vol. 30, No. 3, Sept 1986, pp. 194-200.
- Priyanto A, and Prasetyawan, I : "Hydrodynamic Model Tests on Oil/Condensate FSO Terminal", Report of Laboratory Hydrodynamic Indonesia, Report No. LHI/064 (2004).

