

PENGARUH RESPON GERAKAN TANKER PADA SISTEM TERTAMBAT CONVENTIONAL BUOY MOORING (CBM) TERHADAP VARIASI BEBAN LINGKUNGAN

Yuni A. Wibowo*¹, Anas N. Firdaus¹ dan Lulut Alfaris¹

¹Politeknik Kelautan dan Perikanan, Pangandaran

Teregistrasi I tanggal: 9 Oktober 2021; Diterima setelah perbaikan tanggal:
25 Januari 2022;

Disetujui terbit tanggal: 27 Januari 2022

ABSTRAK

Perkembangan sistem transfer minyak dan gas lepas pantai terapung tidak bisa dilepaskan dari perkembangan sistem tambat untuk menjaga posisi bangunan apung dalam kondisi *stationkeeping*. Respon gerakan dan tension tali tambat merupakan parameter penting yang digunakan dalam merancang konfigurasi sistem tali tambat. Sistem tali tambat yang biasa digunakan pada perairan dangkal adalah sistem *Conventional buoy Mooring (CBM)*, selain kemudahan dalam proses instalasi dan perawatan, sistem ini juga relatif lebih murah jika dibandingkan dengan sistem *point mooring* yang dapat berputar mengikuti arah beban lingkungannya (*weathervaning*). Analisis numerik pada konfigurasi tertambat CBM dilakukan untuk mengidentifikasi respon gerakan bangunan apung akibat beban lingkungan secara *collinear* dan *non-collinear*. Simulasi *time domain* Cummins dilakukan untuk menyelesaikan persamaan gerak tanker dan sistem tambat secara simultan. Pada analisis yang dilakukan, didapatkan respon gerakan tanker pada kondisi pembebanan *non-collinear* lebih dominan pada gerakan *surge*, *sway* dan *pitch* sebesar 82%, 10% dan 12% secara berturut-turut. Sedangkan gerakan *heave*, *roll* dan *yaw*, respon gerakan lebih besar ditemukan pada pembebanan *collinear* sebesar 3%, 64% dan 17% secara berturut-turut. Berdasarkan analisis *fast fourier transform (FFT)* didapatkan *spectral density* gerakan horizontal (*surge*, *sway* dan *yaw*) memiliki dua puncak, puncak pertama pada frekuensi rendah (0.00-0,10 rad/s), dipengaruhi oleh frekuensi natural sistem tertambat yang beresonansi dengan gelombang orde-2 dan puncak kedua pada frekuensi 0.30 rad/s yang dipengaruhi oleh gelombang orde-1.

Kata Kunci: *Conventional Buoy Mooring*; respon gerakan; *time domain*; *collinear*; *non-collinear*; frekuensi natural

ABSTRACT

The development of a floating offshore oil and gas transfer system cannot be separated from mooring system development to maintain the position of the floating structure in a stationary condition. Motion responses and mooring line tensions are crucial parameters used in mooring system configuration design. The configuration of mooring system commonly used in shallow waters is the *Conventional Buoy Mooring (CBM)*. In addition to the ease of installation and maintenance, this system is also relatively cheaper than the *point mooring* system, which rotates in the direction of the environmental load (*weathervaning*). Numerical analysis on the CBM moored configuration was carried out to identify the motion responses of the floating structure due to *collinear* and *non-collinear* environmental load cases. Cummins *time domain* simulation was carried out to solve motion equation of the tanker and mooring system simultaneously. This analysis generated motion response of tanker under *non-collinear* loading conditions was significant in *surge*, *sway* and *pitch* motion of 82%, 10% and 12%, respectively. While the *heave*, *roll* and *yaw* motion, greater response

DOI: <http://dx.doi.org/10.15578/marlin.V3.I1.2022.15-25>

Korespondensi penulis:

e-mail: yuniariwibowo@gmail.com



motion were found in collinear of 3%, 64% and 17%, respectively. Based on the fast Fourier transform (FFT) analysis, it found the spectral density of horizontal motion (surge, sway and yaw) has two peaks, the first peak is at a low frequency (0.00-0.10 rad/s), influenced by the natural frequency of the moored system which resonates with the 2nd order wave and a second peak at a frequency of 0.30 rad/s which is influenced by a 1st order wave.

Keywords : Conventional Buoy Mooring; motion response; time domain; collinear, non-collinear; natural frequency

PENDAHULUAN

Proses transfer minyak dan gas yang dilakukan di lepas pantai sangat bergantung pada sistem tertambat pada bangunan apung dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan di sekitarnya. Pada kondisi perairan dangkal sistem tertambat *Conventional Buoy Mooring* (CBM) seringkali digunakan, selain karena sistem instalasi dan perawatan yang cenderung lebih mudah dikerjakan, sistem tertambat dengan layout tali yang menyebar (*spread*) juga relatif lebih murah dari sisi investasi. Namun sistem *spread mooring* ini membutuhkan penyesuaian berulang kali pada konfigurasi mooring akibat perubahan beban yang terjadi.

Penelitian yang dilakukan oleh Arianti (2018) menunjukkan konfigurasi *buoy* yang berbeda akan menghasilkan respon gerakan dan tension pada tali tambat yang berbeda pula. Arianti membandingkan dua *buoy* dengan empat *buoy* yang menghasilkan respon lebih baik pada sistem dua *buoy* dibandingkan dengan empat *buoy*.

Pembebanan *collinear* dan *non-collinear* pada sistem tertambat dilakukan untuk melihat respon tanker jika tidak terdapat data lingkungan yang spesifik, sehingga diaplikasikan kombinasi beban gelombang, angin dan arus terhadap arah datangnya. Kondisi pembebanan *collinear* merupakan pembebanan lingkungan dimana beban gelombang, angin dan arus menjalar pada arah yang sama, sedangkan *non-collinear* memiliki arah sudut penjalaran tertentu, jarak antara arah angin dan gelombang 30 deg, jarak arah arus dan gelombang 45 deg.

Pada penelitian ini dilakukan analisis numerik gerakan tanker pada sistem tertambat CBM dengan variasi beban lingkungan secara *collinear* dan *non-collinear*. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh pembebanan *collinear* dan *non-collinear* terhadap enam derajat kebebasan tanker. Metode yang digunakan adalah simulasi *time domain* dengan menyelesaikan solusi persamaan gerak dan *mooring line* secara simultan, kemudian hasil tersebut dikonversikan ke dalam domain frekuensi dengan *fast fourier transform* (FFT) untuk melihat *spectral density* dan pengaruh pembentukan puncak akibat sistem tertambat dan gelombang.

METODOLOGI PENELITIAN

Pemodelan

Struktur apung yang dimodelkan dalam penelitian ini adalah tanker dan *buoy* dari sistem *Conventional Buoy Mooring* (CBM). Tanker dimodelkan sebagai *rigid body surface model* dengan mengaplikasikan teori panel untuk menghitung potensial gelombang radiasi dan difraksi yang muncul ketika gelombang berinteraksi dengan struktur. Berbeda dengan tanker, *buoy* dimodelkan dengan mengaplikasikan teori strip karena ukurannya yang tidak signifikan jika dibandingkan dengan panjang gelombang sehingga dapat didekati dengan persamaan Morison. Ukuran utama tanker dan *buoy* dapat dilihat secara berurutan pada Tabel 1 dan 2.

Peletakan posisi sistem sumbu (x, y, z : 0, 0, 0) pada tanker berada pada *bow-keel* sedangkan pada *buoy* terletak pada *center-keel* dengan arah cartesian terbalik. Gerakan struktur apung tersebut terdiri dari gerakan *surge*

sepanjang sumbu X dengan nilai positif ke arah buritan, gerakan sway sepanjang sumbu Z dengan nilai positif ke arah starboard, gerakan heave searah sumbu Z dengan nilai positif ke arah atas, gerakan roll berotasi terhadap sumbu X dengan nilai positif dari arah Y ke Z (nilai positif roll berotasi dari bagian starboard ke atas), gerakan pitch berotasi terhadap sumbu Y dengan nilai positif dari sumbu Y ke Z (nilai positif pitch berotasi dari bagian buritan ke bawah) dan gerakan yaw berotasi terhadap sumbu Z dengan nilai positif dari X ke

Y (nilai positif yaw berotasi dari bagian depan ke port atau dari bagian belakang ke starboard).

Model tanker menggunakan mesh refinement sebesar 3.00 m dengan jumlah panel mencapai 1249 panel. Pemilihan mesh refinement dilakukan dengan melakukan analisis sensitivitas dengan parameter yang ditinjau meliputi matriks diagonal added mass, damping dan Quadratic Transfer Function (QTF). Model surface tanker dan buoy secara berturut-turut ditunjukkan pada Gambar 1 dan 2.

Tabel 1. Ukuran utama tanker 6500 DWT

Parameter	Value	Unit
Type	Oil Tanker	-
Deadweight (DWT)	6500	DWT
Length of All (LOA)	108.00	meter (m)
Length Between Perpendiculars (LBP)	102.00	meter (m)
Breadth (B)	19.20	meter (m)
Depth (D)	9.30	meter (m)
Block Coefficient (Cb)	0.73	-
Draft (T) – Tropical	6.12	meter (m)
Displacement (Δ)	9454.90	mton (mT)
Center of Gravity X (COG _X)	58.61	meter (m)
Center of Gravity Y (COG _Y)	0.00	meter (m)
Center of Gravity Z (COG _Z)	6.30	meter (m)

Tabel 2. Ukuran utama buoy (Conventional Buoy Mooring)

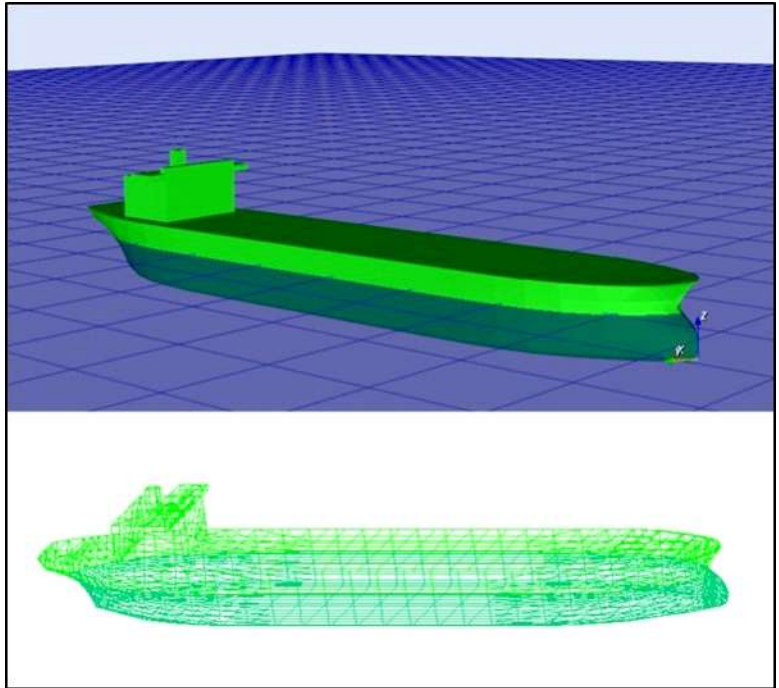
Parameter	Value	Unit
Type	CBM	-
Outer Diameter (OD)	3.20	meter (m)
Conus Diameter (CD)	1.20	meter (m)
Hull Depth + Conus (D)	2.00	meter (m)
Draft (T)	0.90	meter (m)
Displacement (Δ)	4.50	mton (mT)
Center of Gravity X (COG _X)	0.00	meter (m)
Center of Gravity Y (COG _Y)	0.00	meter (m)
Center of Gravity Z (COG _Z)	1.20	meter (m)

Konfigurasi Tali Tambat

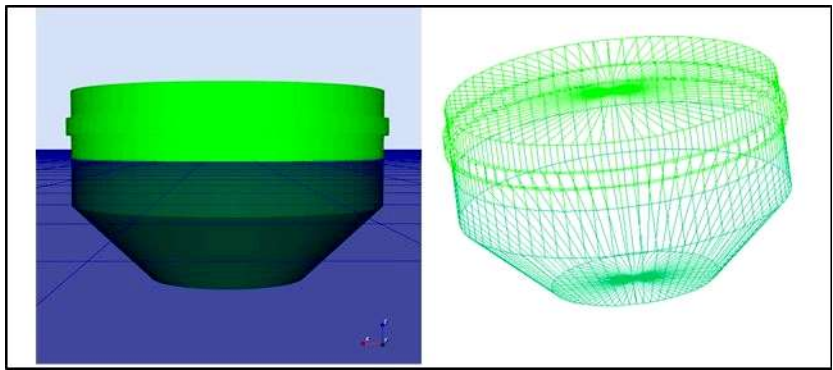
Penggunaan tali tambat dalam sistem CBM ini terdiri dari tali tambat yang menghubungkan buoy ke seabed dan dari buoy ke tanker. Tali tambat yang menghubungkan buoy ke seabed terdiri dari satu mooring chain pada bagian center-keel buoy (mooring eye) menuju ke plat joining piece four eyes yang terhubung dengan 2 tali anchor dan 1 sinker berbahan beton dengan berat 12 ton (Gambar 3-a). Properti mooring line

dari buoy ke seabed ditunjukkan pada Tabel 3.

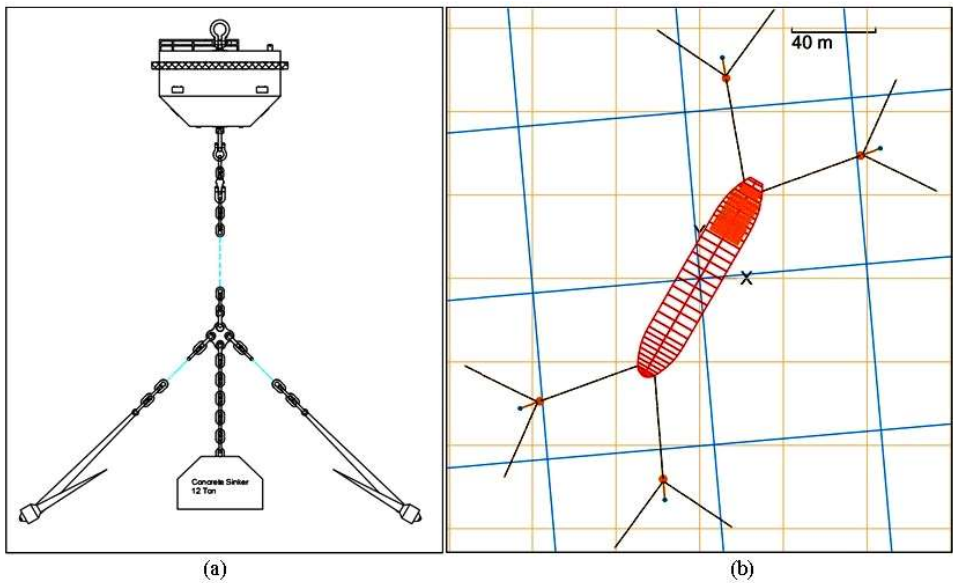
Sedangkan konfigurasi tali tambat yang menghubungkan tanker dan buoy terdiri dari 4 nylon hawser line yang terhubung secara menyebar (spread) ke empat buoy yang tersebar di empat titik seperti pada Gambar 3-b. Posisi tanker menghadap 240 derajat dari arah utara dan ditambatkan dengan keempat CBM secara simetri dengan sudut 35 derajat terhadap bow tanker. Properti hawser line dari buoy ke tanker ditunjukkan pada Tabel 4.



Gambar 1. Model surface tanker.



Gambar 2. Model surface buoy.



Gambar 3. Mooring layout sistem tertambat dengan CBM.

Tabel 3. Mooring properties sistem tertambat CBM

Mooring Line	ID	Material	Grade	Dia. (mm)	MBL (mT)	Length
Mooring Line Buoy to Plate	MBP	Chain	U3	63	300	16
Mooring Line Plate to Anchor	MPA	Chain	U3	65	314	41
Mooring Plate to Sinkers	MPS	Chain	U3	65	314	3.25

Tabel 4. Hawser properties tanker

Hawser Line	ID	Material	Dia. (mm)	MBL (mT)	Length
Hawser Line Tanker to Buoy	HTB	Nylon	48	46	220

Gerakan struktur apung disebabkan oleh perilaku hidrodinamika dari interaksi antara struktur dengan gelombang laut. Komponen hidrodinamika yang terjadi dari fenomena gerakan struktur apung terdiri dari komponen internal dan eksternal. Komponen internal berasal dari gerakan struktur apung yang mempengaruhi kondisi gelombang di sekitarnya, atau yang disebut dengan komponen radiasi. Komponen radiasi terdiri dari gaya inersia, gaya redaman dan gaya kekakuan. Gaya inersia berkorespondensi dengan percepatan gerakan osilasi struktur apung, gaya redaman berkorelasi dengan kecepatan gerakan osilasi dan gaya kekakuan berkorelasi dengan perpindahan gerakan osilasi struktur apung. Sedangkan komponen eksternal terdiri dari eksitasi gelombang propagasi dan interaksi fluida dengan struktur apung atau yg dikenal dengan gaya difraksi. Komponen-komponen tersebut kemudian disusun menjadi persamaan gerak sebagai berikut:

$$[(m + m_a)\ddot{\zeta} + c\dot{\zeta} + k\zeta] = Fe^{-i\omega_e t} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan,

- m : massa struktur apung
- m_a : massa tambah
- c : redaman
- k : kekakuan
- $Fe^{-i\omega_e t}$: eksitasi gaya gelombang

Gerakan struktur apung memiliki 6 derajat kebebasan yang terdiri dari surge, sway, heave, roll, pitch dan yaw. Gerakan surge, sway dan yaw diklasifikasikan sebagai gerakan horizontal dan heave, roll, pitch diklasifikasikan sebagai gerakan vertikal. Gerakan bebas struktur apung akan didominasi oleh gerakan vertikal dengan kekakuan dari struktur apung itu sendiri, akibat

pengaruh gaya gelombang orde-1 yang bersifat linier.

Gerakan Sistem Tertambat

Gerakan struktur apung tertambat didominasi oleh gerakan horizontal akibat pengaruh gaya gelombang orde-2 (non-linier) yang beresonansi dengan frekuensi alami dengan kekakuan dari mooring line. Solusi dari gerakan sistem tertambat diselesaikan secara simultan antara gerakan floater (vessel) dan mooring line yang dibagi dengan metode elemen hingga membentuk section dari titik-titik yang memiliki lumped mass. Solusi sistem tertambat diselesaikan dengan metode time domain oleh Cummins (1962) dengan mendefinisikan waktu mula-mula, akhir dan selisih waktunya. Simulasi time domain dilakukan selama 3x3600 s atau 10800 s dengan selisih waktu sebesar 0.1 s. Persamaan gerak tersebut dapat dituliskan sebagai:

$$(m + m_a)\ddot{x}(t) + \int_0^{\infty} c(t - \tau)\dot{x}(\tau)d\tau + kx(t) = F(t) \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan,

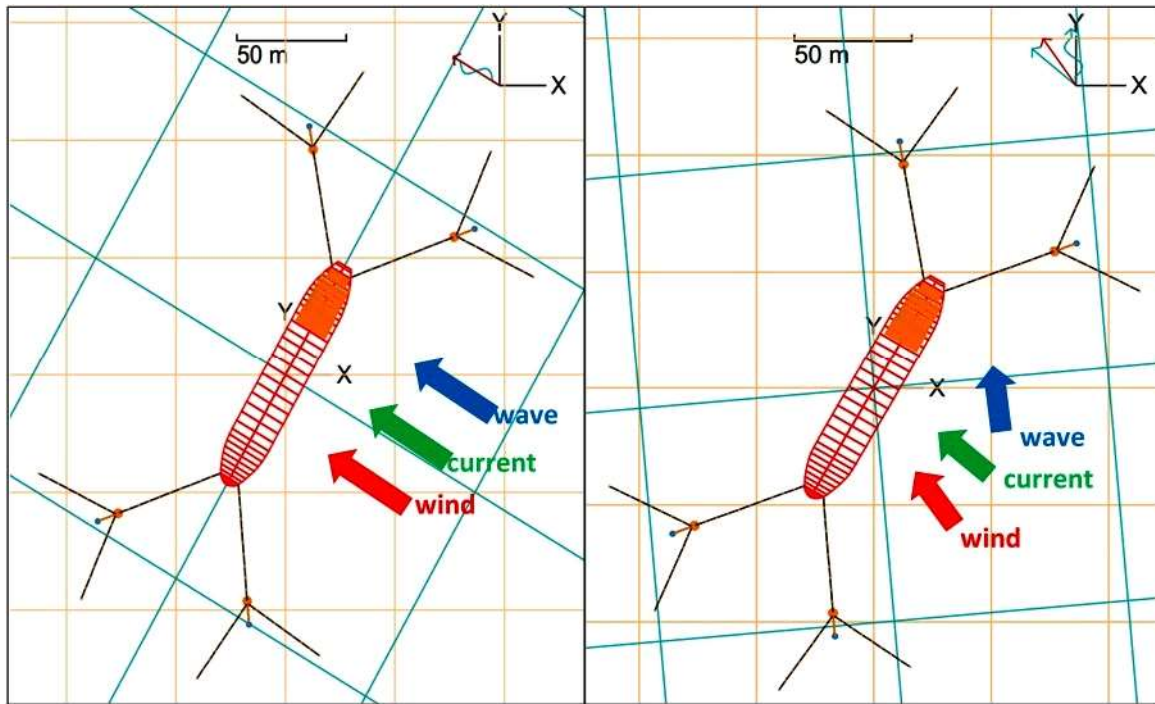
- $\ddot{x}(t)$: percepatan translasional dan rotasional pada waktu t
- $\dot{x}(\tau)$: kecepatan translasional dan rotasional pada waktu t
- $x(t)$: perpindahan translasional dan rotasional pada waktu t
- $c(t), c(\tau)$: fungsi retardasi
- t, τ : waktu

Desain Pembebanan Lingkungan

Pada penelitian ini sistem tertambat antara tanker dan CBM dikenai dua jenis kondisi pembebanan, collinear dan non-collinear.. Kondisi pembebanan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 5. Kondisi pembebanan pada sistem CBM ditunjukkan pada Gambar 4.

Tabel 5. Kondisi pembebanan pada sistem tertambat CBM

LC	Jenis	Arah Penjalaraan Beban (deg) dan Besaran Beban			
		Gelombang		Angin	Arus
100	<i>Collinear</i>	150		150	150
		H_s (m)	T_z (s)	V_w (m/s)	V_c (m/s)
		1.95	17.12	4.73	0.05
200	<i>Non-Collinear</i>	95		125	140
		H_s (m)	T_z (s)	V_w (m/s)	V_c (m/s)
		1.95	17.12	4.73	0.05



Gambar 4. Skema pembebanan lingkungan, gelombang angin dan arus.

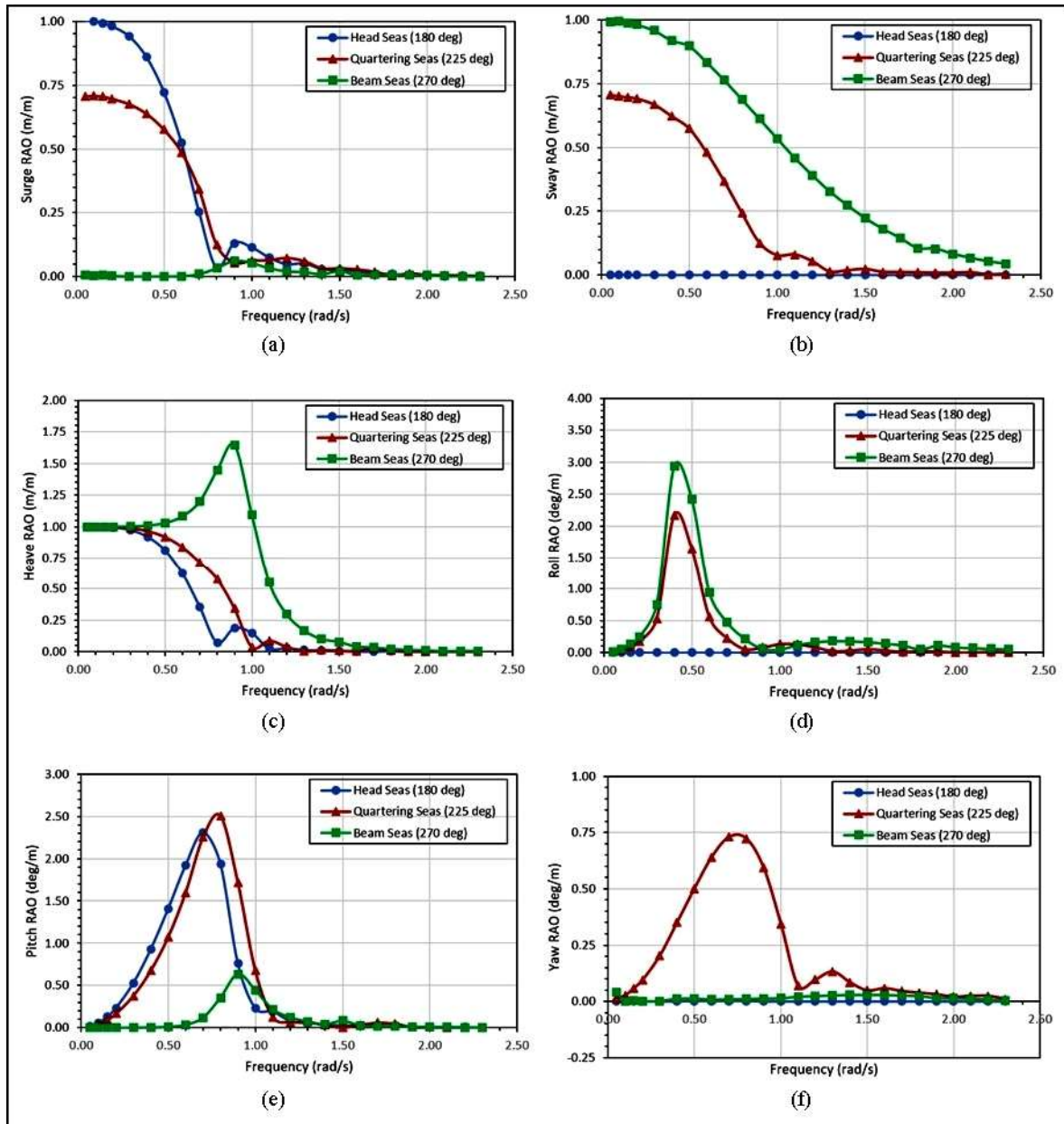
HASIL DAN BAHASAN

Hasil

Karakteristik Gerakan Tanker pada Kondisi Bebas

Solusi dari persamaan gerak pada Persamaan (1) pada gelombang reguler dinyatakan sebagai karakteristik gerakan bebas tanker atau dikenal dengan *Response Amplitude Operator* (RAO). RAO tanker tersebut dinyatakan sebagai rasio amplitudo gerakan tanker dan amplitudo gelombang sebagaimana yang terlihat pada Gambar 5. Kondisi pembebanan gelombang reguler yang dilakukan terdiri dari gelombang *head seas* (180 deg), *quartering seas* (225 deg) dan *beam seas* (270 deg).

Pada pembebanan *head seas* terlihat gerakan yang dominan adalah *surge* dengan harga RAO *surge* mencapai 1.00 m/m pada frekuensi rendah, kemudian terdapat magnifikasi pada frekuensi 0.90 rad/s akibat pengaruh *coupling* dengan gerakan *pitch*. Gerakan *sway*, *heave* dan *roll* mendominasi saat dikenai pembebanan *beam seas*. RAO *heave* mencapai puncaknya di harga 1.59 m/m pada frekuensi 0.90 rad/s yang merupakan frekuensi naturalnya. Begitu juga dengan gerakan *roll*, harga RAO puncaknya ditemukan pada frekuensi naturalnya, yaitu 0.50 rad/s yang mencapai 3.34 deg/m. Pada pembebanan *quartering seas* didominasi oleh gerakan *pitch* dan *yaw* dengan frekuensi natural 0.8 rad/s dan 0.7 rad/s secara berturut-turut.



Gambar 5. Response Amplitude Operator (RAO) tanker pada gelombang reguler. (a) RAO surge; (b) RAO sway; (c) RAO heave; (d) RAO roll; (e) RAO pitch dan (f) RAO yaw.

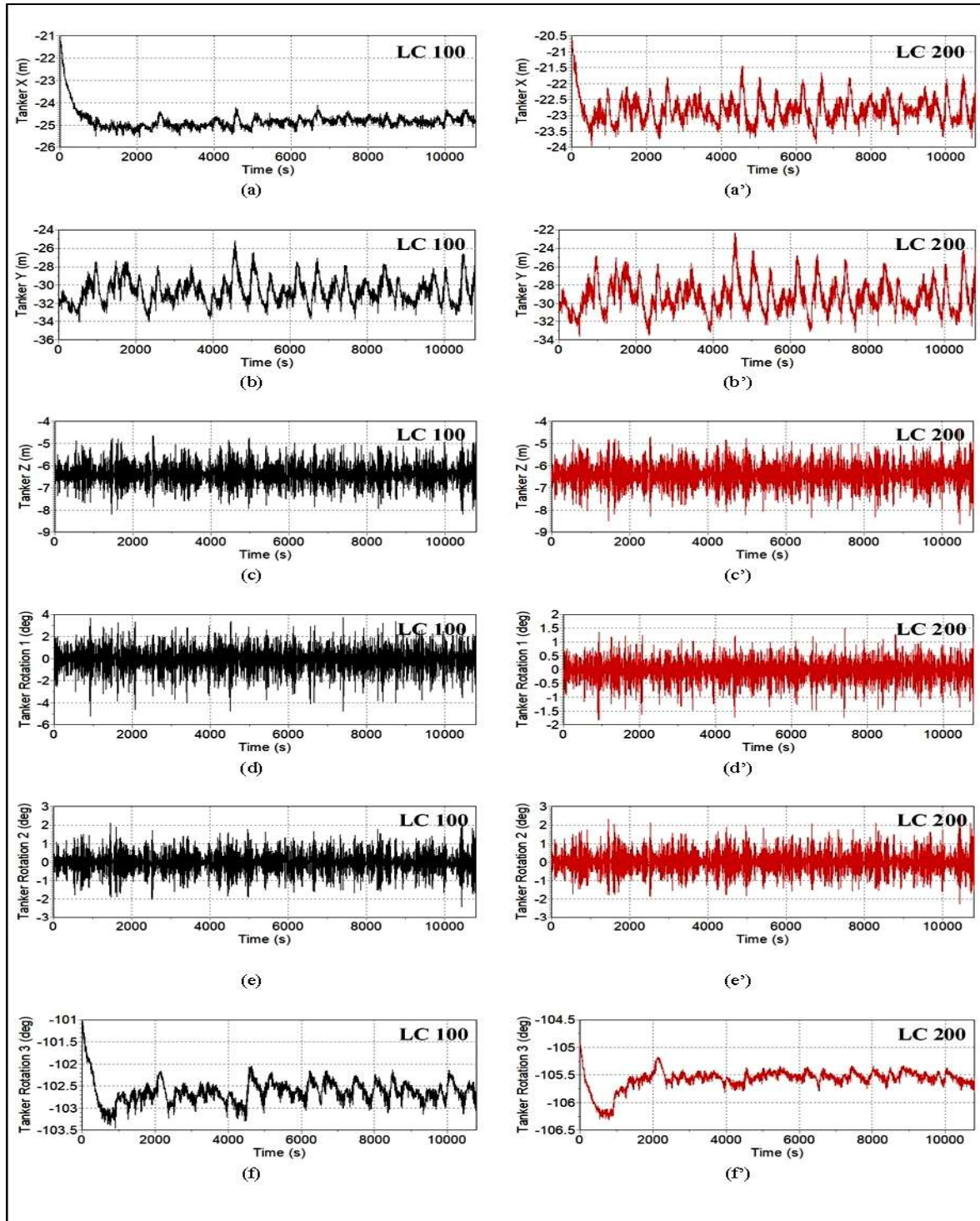
Karakteristik Gerakan Tanker pada Kondisi Tertambat

Enam gerakan tanker tertambat pada sistem CBM yang merupakan output dari analisis *time domain* ditunjukkan pada Gambar 6 sebagai *trajectory* fungsi waktu. Jika dilihat *trajectory* pada gerakan *surge* dan *yaw*, tanker masih menyesuaikan posisinya di 0-1000 s hingga mencapai posisi yang stabil di >1000 s. Besaran nilai statistik dari gerakan tanker ditabulasikan pada Tabel 6 dan

Tabel 7, terlihat bahwa respon gerakan yang dihasilkan oleh kondisi pembebanan *non-collinear* (LC 200) lebih besar pada gerakan *surge*, *sway* dan *pitch* jika dibandingkan dengan pembebanan *collinear* (LC 100), yakni mencapai 82%, 10% dan 12% secara berturut-turut. Hal ini disebabkan ketika LC 100 gerakan horizontal tanker (*surge* dan *sway*) ditahan oleh 2 *mooring line*, sedangkan pada LC 200 hanya ditahan oleh 1 *mooring line*. Sebaliknya gerakan *heave*, *roll* dan *yaw*, respon gerakan ditemukan lebih besar

pada LC 100 dibandingkan LC 200, yakni 3%, 64% dan 17% secara berturut-turut. Hal ini disebabkan gaya gelombang pada LC 100 langsung mengarah sisi *beam* tanker

yang memiliki area lebih luas jika dibandingkan dengan beban gelombang yang mengarah dari depan seperti pada LC 200.



Gambar 6. Respon gerakan tanker pada gelombang acak dalam fungsi waktu pada kondisi pembebanan collinear (LC 100 dan non-collinear (200). (a-a') Respon gerakan surge; (b-b') Respon gerakan sway; (c-c') Respon gerakan heave; (d-d') Respon gerakan roll; (e-e') Respon gerakan pitch dan (f-f') Respon gerakan yaw.

Tabel 6. Besaran statistik gerakan tanker pada pembebanan collinear (LC 100)

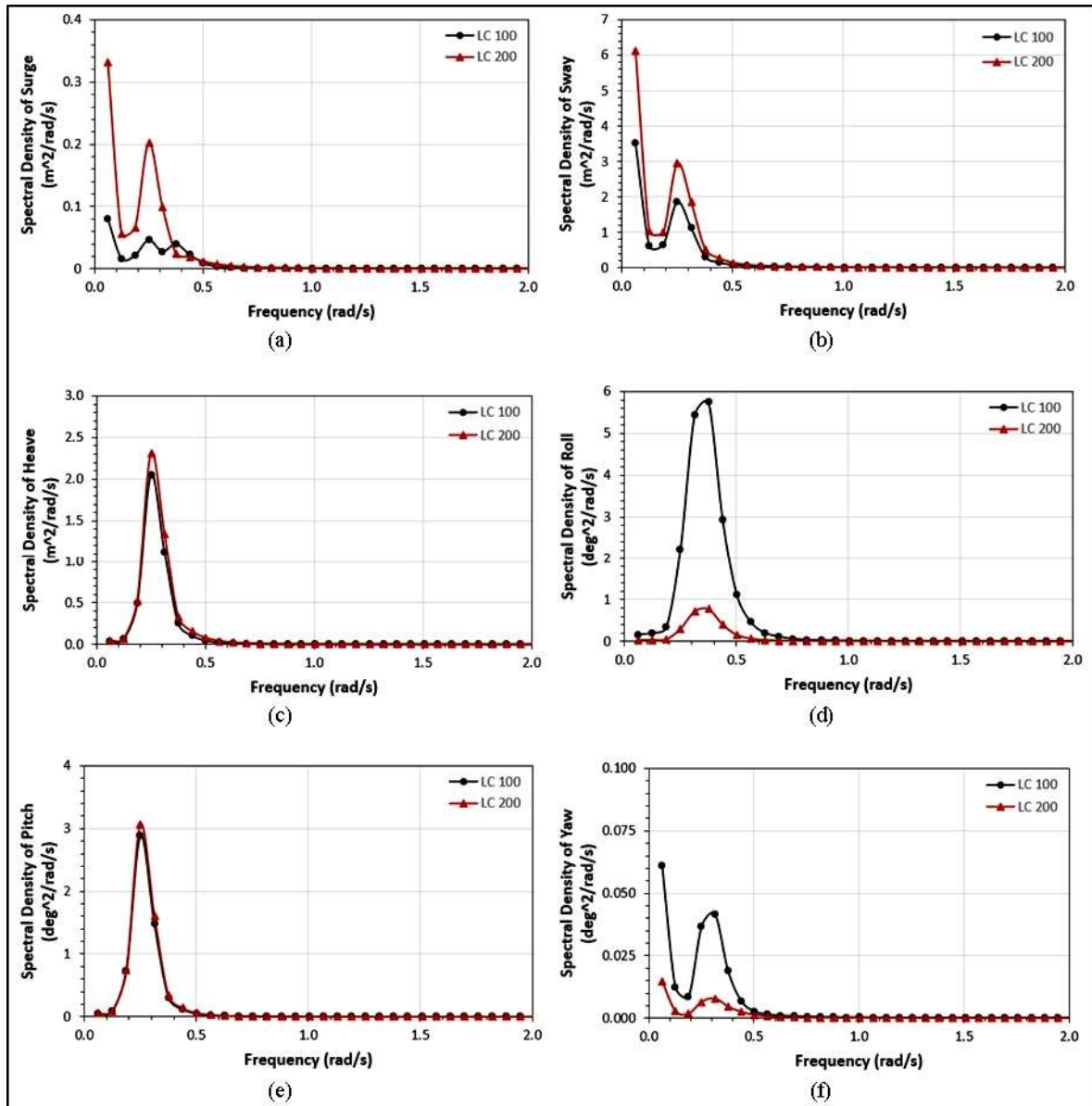
LC 100 (COLLINEAR)				
Tanker Motion				
Motion	Unit	$\zeta_{1/3}$	ζ_{max}	
Surge	m	2.54	5.77	
Sway	m	17.72	21.58	
Heave	m	0.31	1.79	
Roll	deg	1.07	3.77	
Pitch	deg	0.63	2.10	
Yaw	deg	17.64	18.95	

Tabel 7. Besaran statistik gerakan tanker pada pembebanan non-collinear (LC 200)

LC 200 (NON-COLLINEAR)				
Tanker Motion				
Motion	Unit	$\zeta_{1/3}$	ζ_{max}	
Surge	m	4.63	6.36	
Sway	m	19.52	24.47	
Heave	m	0.30	1.76	
Roll	deg	0.38	1.51	
Pitch	deg	0.71	2.56	
Yaw	deg	14.56	15.06	

Trajectory dalam fungsi waktu ini kemudian dikonversi ke dalam domain frekuensi dengan metode *fast fourier transform* (FFT) untuk mengetahui besaran *spectral density* dan pengaruh besarnya terhadap frekuensi natural sistem dan frekuensi gelombangnya (Gambar 7). Terlihat pada Gambar 7, *spectral density* gerakan horizontal (*surge*, *sway* dan *yaw*) memiliki dua puncak, puncak pertama pada frekuensi rendah (0.00-0,10 rad/s) dipengaruhi oleh frekuensi natural sistem tertambat yang beresonansi dengan gelombang orde-2 dan puncak kedua pada frekuensi 0.30 rad/s yang dipengaruhi oleh gelombang orde-

1. Kondisi pembebanan LC 100 memberikan pengaruh respon gerakan yang cukup signifikan pada gerakan *roll* dan *yaw* akibat arah pembebanan gelombang dari sisi *beam* tanker. Sedangkan kondisi pembebanan LC 200 memberikan pengaruh yang signifikan pada respon gerakan *surge* dan *sway*. Respon gerakan *heave* dan *pitch* tidak terpengaruh secara signifikan akibat pembebanan *collinear* maupun *non-collinear*. Hal ini disebabkan baik pembebanan LC 100 dan LC 200 berasal dari arah *beam*/ sisi bangunan apung sehingga tidak mempengaruhi gerakan *heave* dan *pitch*.



Gambar 7. Spectral density gerakan tanker pada gelombang acak. (a) surge; (b) sway; (c) heave; (d) roll; (e) pitch dan (f) yaw.

KESIMPULAN

Gerakan tanker pada kondisi pembebanan *non-collinear* (LC 200) ditemukan lebih mendominasi pada gerakan *surge*, *sway* dan *pitch* sebesar 82%, 10% dan 12% secara berturut-turut, akibat hanya ditahan oleh satu *mooring line*. Sedangkan gerakan *heave*, *roll* dan *yaw*, respon gerakan lebih besar pada LC 100 dibandingkan LC 200, sebesar 3%, 64% dan 17% secara berturut-turut, akibat beban lingkungan langsung mengarah menuju sisi *beam* tanker yang memiliki area lebih luas. Respon gerakan dalam

fungsi waktu kemudian dikonversi ke dalam grafik *spectral density* dan pengaruh besarnya terhadap frekuensi natural sistem dan frekuensi gelombangnya. *Spectral density* gerakan horizontal (*surge*, *sway* dan *yaw*) memiliki dua puncak pada frekuensi rendah yang dipengaruhi oleh frekuensi natural sistem tertambat yang beresonansi dengan gelombang orde-2 dan puncak lainnya terdapat pada frekuensi 0.30 rad/s yang dipengaruhi oleh gelombang orde-1. Kondisi pembebanan LC 100 memberikan pengaruh respon gerakan yang cukup signifikan pada gerakan *roll* dan

yaw akibat arah pembebanan gelombang dari sisi *beam tanker*. Sedangkan kondisi pembebanan LC 200 memberikan pengaruh yang signifikan pada respon gerakan surge dan *sway*.

DAFTAR PUSTAKA

Odabasi, A. Y., Soylemez, M., Sarioz, K., Insel, M., Helvacioğlu, I. H., and Unsan, Y. (2006). *Investigation on Yarımcı Catenary Buoy Mooring (CBM) System*, Technical Report, ITU, NAOE Research and Application Group (Commercial in Confidence).

Arianti, E. (2018). *Numerical Analysis of Multi Buoy Mooring Configuration Selection*, Journal of Subsea and Offshore, International Society of

Ocean, Mechanical and Aerospace Scientist and Engineers (ISOMASE).

DNVGL-OS-E301. (2015). *Offshore Standard Position Mooring*, DNV GL AS

Djarmiko, E. B. (2012). *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak*: ITS Press, Surabaya

Bentley. (2013). *MOSES Helpdesk : MOSES Conventions and Coordinates*, Bentley System

Journee, J. M. J., Massie, W. W. (2001). *Offshore Hydromechanics First Edition*, Delft University of Technology

Cummins, W.E.. (1962). *The Impulse Response Function and Ship Motions*, Schiffstechnik 9 (1961), pp. 101-109