

ANALISIS STRUKTUR PENYANGGA SISTEM TERAPUNG UNTUK TURBIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS PASANG SURUT

Michael Binsar Lubis¹

Pembimbing : Krisnaldi Idris, Ph.D²

Program Studi Teknik Kelautan

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

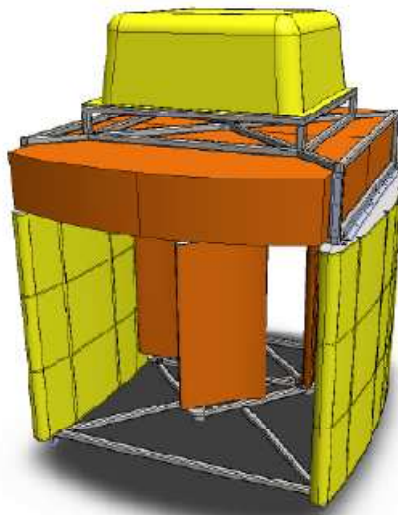
Jalan Ganesha 10 Bandung 40123

¹michael_binsar_lubis@rocketmail.com dan ²krisnaldi@ocean.itb.ac.id

Kata Kunci : *mooring*, struktur terapung, turbin arus pasang surut

PENDAHULUAN

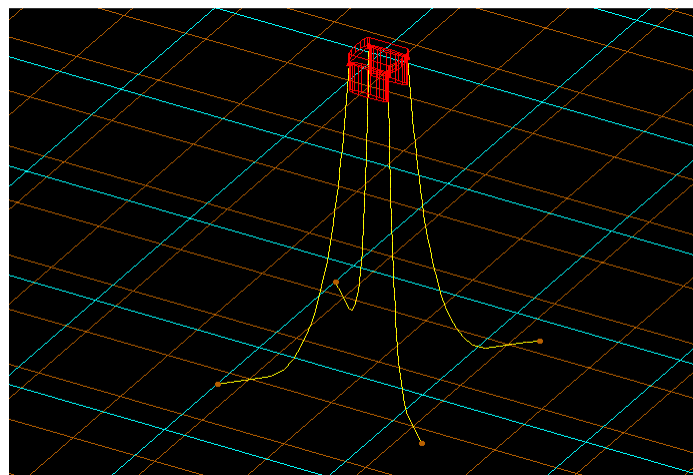
Salah satu hal yang menjadi permasalahan utama di dunia pada saat ini adalah sumber energi. Tidak dapat dipungkiri bahwa perkembangan zaman telah menghadirkan berbagai penemuan yang memerlukan energi yang cukup besar. Maka dari itu, diperlukan alternatif-alternatif sumber energi untuk memenuhi kebutuhan energi tiap negara. Salah satu alternatif sumber energi primer adalah energi arus laut. Konsep sumber energi ini adalah pemanfaatan gerak arus laut akibat, pada umumnya arus laut akibat pasang surut, untuk menggerakkan turbin. Sumber energi ini diharapkan mampu mengurangi penggunaan bahan bakar fosil, meskipun sumber energi ini tidak ditujukan untuk didistribusikan ke tempat yang relatif jauh. Dalam perencanaannya, ada dua bagian besar analisis yang perlu dilakukan, yang pertama yaitu analisis potensi energi dan bagaimana mengkonversi energi tersebut secara efektif, dan yang kedua adalah mengenai struktur penyangga dari turbin pembangkit listrik tersebut. Maka dari itu, dalam tugas akhir ini akan dianalisis mengenai struktur penyangga sistem terapung untuk turbin pembangkit listrik tenaga arus pasang surut. Dalam analisis ini, ditinjau kondisi dinamis, statis dan konfigurasi *mooring* dari alat yang telah dirancang oleh Centrum-ITB. Gambar 1 menunjukkan alat pembangkit listrik tenaga arus pasang surut yang dibangun oleh Centrum-ITB.



Gambar 1 Pembangkit Listrik Tenaga Arus Pasang Surut Rancangan CENTRUM-ITB

METODOLOGI

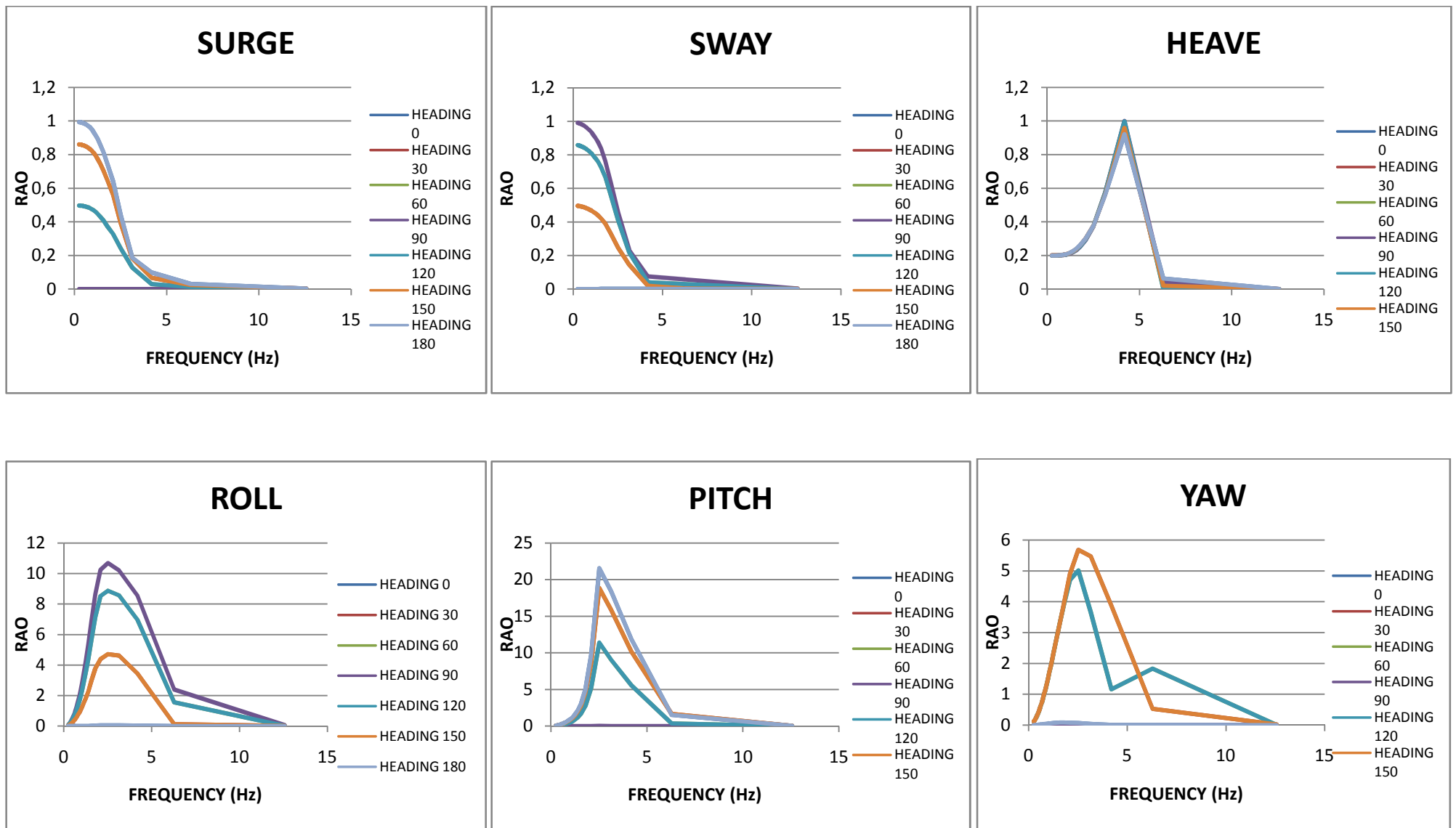
Digunakan tiga model dalam analisis struktur penyangga sistem terapung. Model-model tersebut adalah model *meshing*, model hidrodinamika struktur terapung dan model hidrodinamika mooring. Pertama-tama, dengan model *meshing*, dicari koordinat-koordinat penyusun struktur terapung setelah struktur terapung dibagi-bagi ke dalam kumpulan elemen penyusun bentuknya. Kemudian koordinat-koordinat ini digunakan untuk membentuk model hidrodinamika struktur terapung. Selanjutnya, dengan model hidrodinamika struktur terapung, dicari RAO (*Response Amplitude Operator*) dari struktur. Dengan RAO ini, dapat dianalisis dinamika dari struktur terapung yang ditinjau. Di samping itu, RAO juga digunakan sebagai deskripsi gerakan struktur terapung saat dikenai gelombang dalam model hidrodinamika *mooring*. Kedalaman perairan yang dimodelkan adalah sebesar 15 meter, dengan tinggi pasang surut 2 meter. Dimodelkan juga gelombang untuk melihat pengaruh gelombang terhadap struktur terapung dan *mooring*. Gelombang yang dimodelkan adalah gelombang harmonik dengan tinggi 0,5 meter dan periode 6 detik, mengingat bahwa daerah pemasangan turbin pada umumnya merupakan daerah selat dengan kondisi tinggi gelombang yang kecil dan periode gelombang yang panjang. Arah datang gelombang dimodelkan sebesar 0° , 30° , 60° , 120° , 150° , dan 180° . Dilakukan peninjauan dengan 4 kondisi arus yang berbeda, yaitu arus seragam untuk meninjau pengaruh fenomena pasang surut pada struktur terapung dan *mooring*, arus dengan profil mengecil, arus dengan profil dua arah (arus pada bagian atas berlawanan arah dengan arus pada bagian bawah), dan arus yang berputar. Pada struktur terapung, ditambahkan empat buah *mooring* dari tali fiber dengan diameter 20 milimeter sepanjang 18 meter. Gambar 2 menunjukkan konfigurasi *mooring* dan struktur terapung yang dimodelkan. *Boundary condition* yang diambil untuk persamaan *mooring* adalah *boundary condition* pada titik tambat, dimana sudut nilai tangen inklinasi yang dibentuk *mooring* (dz/dx) adalah sebesar gaya vertikal yang terjadi pada titik tersebut dibagi dengan gaya horizontalnya. Momen pada *mooring* dianggap tidak ada.



Gambar 2 Konfigurasi *Mooring* dan Struktur Terapung yang Dimodelkan

HASIL DAN ANALISIS

Dari hasil model hidrodinamika benda terapung, didapat RAO benda terapung seperti yang ditunjukkan Gambar 3. Sementara itu, Tabel 1 dan Tabel 2 menunjukkan perpindahan mutlak terjauh yang dicapai *mooring*, secara berturut-turut, pada sumbu x dan y. Gaya tarik efektif maksimal yang terjadi pada *mooring* adalah sebesar 5,218 kN.



Gambar 3 RAO Alat dari Model Hidrodinamik Struktur Terapung

Tabel 1 Titik Perpindahan Mutlak Terjauh yang Dicapai *Mooring* pada Sumbu x

No	Arah Datang Gelombang (Derajat)	Perpindahan Mutlak Terjauh yang ditempuh <i>Mooring</i> pada Sumbu x (m)											
		Peninjauan Kondisi Pasut (Tanpa Turbin)			Peninjauan Kondisi Pasut (Dengan Turbin)			Kecepatan Arus Mengecil		Arus 2 Arah		Arus Berputar	
		Pasang	Surut	MWL	Pasang	Surut	MWL	Tanpa turbin	Dengan Turbin	Tanpa turbin	Dengan Turbin	Tanpa turbin	Dengan Turbin
1	0	7,969	10,781	9,570	7,197	8,807	8,184	9,510	7,868	6,196	5,000	5,212	5,000
2	30	7,994	10,800	9,573	7,188	8,795	8,175	9,538	7,859	6,166	5,000	5,214	5,000
3	60	8,017	10,824	9,600	7,164	8,766	8,145	9,568	7,832	6,081	5,000	5,203	5,000
4	120	8,049	10,854	9,630	7,134	8,751	8,114	9,609	7,801	6,095	5,000	5,208	5,000
5	150	8,046	10,840	9,619	7,158	8,783	8,146	9,604	7,834	6,168	5,000	5,224	5,000
6	180	8,029	10,822	9,601	7,180	8,805	8,168	9,585	7,857	6,199	5,000	5,236	5,000

Secara berturut-turut, untuk sumbu x,y dan z, translasi terjauh yang terjadi adalah -1,490 m, -4,457 m dan -0,08 m. Sementara rotasi terbesar yang terjadi, secara berturut-turut, terhadap sumbu x,y dan z, adalah 0,649°, 0,326° dan 1,348°.

Tabel 2 Titik Perpindahan Mutlak Terjauh yang Dicapai *Mooring* pada Sumbu y

No	Arah Datang Gelombang (Derajat)	Perpindahan Mutlak Terjauh yang ditempuh <i>Mooring</i> pada Sumbu y (m)											
		Peninjauan Kondisi Pasut (Tanpa Turbin)			Peninjauan Kondisi Pasut (Dengan Turbin)			Kecepatan Arus Mengecil		Arus 2 Arah		Arus Berputar	
		Pasang	Surut	MWL	Pasang	Surut	MWL	Tanpa turbin	Dengan Turbin	Tanpa turbin	Dengan Turbin	Tanpa turbin	Dengan Turbin
1	0	5,000	5,000	5,000	5,000	6,568	5,260	5,000	5,615	5,000	5,000	8,894	9,424
2	30	5,000	5,000	5,000	5,000	6,628	5,305	5,000	5,656	5,000	5,000	8,930	9,431
3	60	5,000	5,000	5,000	5,000	6,688	5,366	5,000	5,709	5,000	5,000	8,950	9,424
4	120	5,000	5,000	5,000	5,000	6,711	5,407	5,000	5,745	5,000	5,000	8,944	9,400
5	150	5,000	5,000	5,000	5,000	6,675	5,376	5,000	5,720	5,000	5,000	8,918	9,393
6	180	5,000	5,000	5,000	5,000	6,623	5,324	5,000	5,678	5,000	5,000	8,877	9,390

Secara berturut-turut, untuk sumbu x,y dan z, translasi terjauh yang terjadi adalah 0,676 m, -5,141 m dan -0,08 m. Sementara rotasi terbesar yang terjadi, secara berturut-turut, terhadap sumbu x,y dan z, adalah 0,670°, 0,346° dan -16,379°.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan nilai RAO yang didapat dari model hidrodinamik struktur terapung, gerakan *surge* dan *sway* akan bernilai sama dengan elevasi muka air yang terjadi untuk gelombang panjang, sementara gerakan *heave*, *roll*, *sway*, dan, *yaw* akan bernilai besar jika dibandingkan dengan elevasi muka air yang terjadi (memiliki koefisien pengali terhadap elevasi muka air yang lebih besar) untuk gelombang kecil (periode 1,57-2 detik). Berdasarkan analisis statik dan dinamis, saat turbin macet, rotasi struktur terapung yang terjadi dapat mencapai 16^0 . Tegangan maksimal yang terjadi pada *mooring* adalah sebesar 5,218kN. Perpindahan terbesar terjadi pada saat surut hingga mencapai 10,8 m. Maka radius aman minimal yang disarankan untuk perancangan ladang turbin adalah sebesar 11 m. Untuk perairan dengan kondisi arus dua arah, konfigurasi *mooring* harus didesain kembali karena dengan konfigurasi yang dianalisis, tali akan melilit turbin. Pada penelitian selanjutnya, dapat dianalisis konfigurasi *mooring* untuk perairan dengan kondisi arus dua arah dan bagaimana instalasi *mooring* pada daerah tertentu. Perlu juga dilakukan analisis bahan yang efektif untuk *mooring*. Selain itu, nilai RAO hasil model hidrodinamika benda terapung juga dapat dibandingkan dengan solusi analitisnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardhiansyah, Fahmy. 2010. *Analisis Keandalan Scantling Support Structure System Gas Processing Module FPSO Belanak Terhadap Beban Ekstrem*. Laporan tugas akhir tidak diterbitkan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November
- Centrum ITB. 2013. *Water Current Turbine*. Laporan tidak dipublikasikan. Bandung: Centrum ITB
- Chakrabarti, Subrata K. 2005. *Handbook of Offshore Engineering*. Plainfield: Elsevier
- Chopra, Anil K. 2001. *Dynamics of Structures*. New Jersey: Prentice Hall
- Dean, Robert G. dan Robert A. Dalrymple. 1991. *Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists*. Singapura: World Scientific
- Dudek, M. Dan G.F. Clauss. 2011. *Loads and Motions of Offshore Structures in Extreme Seas*. Genoa: Congress of Intl. Maritime Assoc. Of Mediterranean
- Gerwick Jr., Ben C. 2007. *Construction of Marine and Offshore Structures*. San Fransisco: CRC Press
- Giffary, Gilang. 2012. *Respon Dinamik Sistem Conventional Buoy Mooring*. Laporan tugas akhir tidak diterbitkan. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Goda, Y. 2000. *Random Seas and Design of Maritime Structures*. Singapura: World Scientific
- Internal Energy Agency. 2010. *World Energy Outlook*. Paris: Internal Energy Agency
- Kreyszig, Erwin. 2006. *Advanced Engineering Mathematics*. Singapura: John Wiley & Sons
- Pranidya, Kenindra. 2012. *Analisis Numerik Catenary Mooring Tunggal*. Laporan tugas akhir tidak diterbitkan. Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Steele, John H. dkk. 2001. *Encyclopedia of Ocean Sciences*.
- Marlow Ropes Ltd. 2013. *Marlow Marine & Offshore Brochure*. Hailsham. Marlow Ropes Ltd
- McCormick, Michael E. 2010. *Ocean Engineering Mechanis with Applications*. Cambridge: Cambridge University Press
- Orcina. *Manual Orcaflex Version 9.6a*. Daltongate: Orcina Ltd.
- Thorby, Douglas. 2008. *Structural Dynamics and Vibration in Practice*. Oxford: Elsevier
- Ultramarine, inc. 2013. *Reference Manual for MOSES*.