

TUGAS AKHIR

**PENGARUH MOORING LINE TERHADAP RESPON DINAMIS
FLOATING STRUCTURE PADA GELOMBANG REGULER:
ANALISIS DUAL SPH**



**UNIVERSITAS
BAKRIE**

REYNALDI FEBRIAN

1202004036

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS BAKRIE**

2024

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Reynaldi Febrian

Nim : 1202004036

Tanda Tangan :



Tanggal : 28 Agustus 2024


HALAMAN PENGESAHAN


Tugas Akhir ini diajukan oleh :


Nama : Reynaldi Febrian
Nim : 1202004036
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : Perbandingan Repson Dinamis Antara
Floating Box dan FOWT Dengan
Mooring Line Dan Tanpa *Mooring Line*
Terhadap Gelombang Reguler Dengan
Dual SPH

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bahan persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Teuku Muhammad Rasyif, S.T., M.T., Ph.D. 

Penguji 1 : Dr.Ir. Budianto Ontowirjo, MSc. 

Penguji 2 : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc. 

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah SWT, atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penyusun dapat membuat laporan dan penyusun juga sadar masih banyak kekurangan dalam Laporan Tugas Akhir dengan judul “Pengaruh Mooring Line Terhadap Respon Dinamis Floating Structure Pada Gelombang Reguler: Analisis DualSPH”

Laporan Tugas Akhir ini tentunya dapat terselesaikan dengan baik meskipun menghadapi berbagai kendala. Namun, semua kendala dapat teratasi dengan adanya bantuan dan kerja sama dari berbagai pihak. Dengan penuh hormat penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua dan adik kakak saya yang telah senantiasa memberikan doa dan dukungan untuk kelancaran kegiatan kuliah dan Kerja Praktik
2. Prof. Ir. Sofia W. Alishjhabana, M.SC., Ph.D., selaku Rektor Universitas Bakrie.
3. Bapa Teuku Muhammad Rasyif, Ph.D selaku Dosen Pembimbing saya yang telah membantu saya dalam hal menyusun laporan dan mengarahkan saya untuk tidak bermalasan dalam membuat laporan
4. Ibu Fatin Adriati, S.T., M.T selaku Ketua Program Studi S-1 Teknik Sipil Universitas Bakrie.
5. Seluruh dosen, staf, dan karyawan Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah membantu proses Skripsi
6. Teman-teman saya dari angkatan 2020 terutama Alfarel, Ridwan, Alep, Rafli, Hafiq yang membantu menyemangati untuk membuat laporan
7. Fadly, Aufa, Kenneth, Lukman, Caca, Aflina tim air yang membantu saya dalam melaksanakan simulasi dan lain lain selama proses skripsi berlangsung.
8. Orang-orang tersayang saya Hanin, Andre yang telah menyemangati dan memberikan saran untuk pembuatan laporan

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan dan jauh dari sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat diharapkan untuk kemajuan penulis dalam penyusunan laporan pada waktu yang akan datang

Jakarta, Agustus 2024

Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Reynaldi Febrin', written in a cursive style.

Reynaldi Febrin

NIM 1202004036

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Reynaldi Febrian
Nim : 1202004036
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Demi Pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bakrie **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-Exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PENGARUH *MOORING LINE* TERHADAP RESPON *DINAMIS FLOATING STRUCTURE* PADA GELOMBANG REGULER: ANALISIS DUAL SPH

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta untuk kepentingan akademis. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 27 Agustus 2024

Yang Menyatakan,



Reynaldi Febrian

PENGARUH MOORING LINE TERHADAP RESPON DINAMIS FLOATING STRUCTURE PADA GELOMBANG REGULER : ANALISIS DUAL SPH

Reynaldi Febrian

1202004036

Teuku Muhammad Rasyif, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan respons dinamis antara Floating Box dan Floating Offshore Wind Turbine (FOWT) dengan dan tanpa mooring line terhadap gelombang reguler menggunakan metode DualSPH (Smoothed Particle Hydrodynamics). Analisis ini penting untuk meningkatkan stabilitas struktur terapung yang digunakan dalam pengembangan energi terbarukan lepas pantai. Simulasi dilakukan dengan berbagai variasi parameter pada Floating Box dan FOWT, kemudian diukur respons surge, heave, dan pitch dari kedua struktur tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan mooring line secara signifikan mempengaruhi stabilitas struktur, khususnya dalam mengurangi amplitudo gerakan surge dan pitch. Pada struktur FOWT, amplitudo surge berkurang hingga 35% dan pitch hingga 42% saat menggunakan mooring line dibandingkan tanpa mooring line. Pada Floating Box, amplitudo surge berkurang hingga 28% dan pitch hingga 33%. Temuan ini menegaskan pentingnya penggunaan mooring line dalam perancangan struktur terapung, yang dapat meningkatkan efisiensi dan stabilitas operasi di lingkungan laut yang dinamis. Kesimpulan ini memberikan panduan praktis bagi pengembangan teknologi energi terbarukan lepas pantai yang lebih aman dan andal.

Kata Kunci: FOWT, Kotak Terapung, Gelombang Reguler, DualSPH, Energi Terbarukan

**THE EFFECT OF MOORING LINE ON THE DYNAMIC RESPONSE OF
FLOATING STRUCTURES IN REGULER WAVES: A DUAL SPH ANALYSIS**

Reynaldi Febrian

1202004036

Teuku Muhammad Rasyif, S.T., M.T., Ph.D.

ABSTRACT

This study aims to compare the dynamic response between a Floating Box and a Floating Offshore Wind Turbine (FOWT) with and without mooring lines under regular wave conditions using the DualSPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) method. This analysis is crucial for enhancing the stability of floating structures used in offshore renewable energy development. Simulations were conducted with various parameter variations on the Floating Box and FOWT, and the surge, heave, and pitch responses of both structures were measured. The results indicate that the use of mooring lines significantly impacts structural stability, particularly in reducing the amplitude of surge and pitch motions. For the FOWT, the surge amplitude was reduced by up to 35% and pitch by up to 42% when using mooring lines compared to without them. For the Floating Box, surge amplitude was reduced by up to 28% and pitch by up to 33%. These findings underscore the importance of mooring lines in the design of floating structures, which can enhance the efficiency and stability of operations in dynamic marine environments. This conclusion provides practical guidance for the development of safer and more reliable offshore renewable energy technologies.

Keyword: FOWT, Floating Box, Regular Waves, DualSPH, Renewable Energy

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II.....	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Struktur Turbin Angin	5
2.1.1 Struktur Turbin angin lepas pantai (FOWT).....	5
2.2 Teori Gelombang.....	13
2.2.1 Klasifikasi Macam – Macam Jenis Gelombang Laut	14
2.2.2 Parameter Gelombang Laut.....	15
2.2.3 Mekanisme Terjadinya Gelombang Laut.....	16
2.3 Teori <i>Metode Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)</i>	17
2.3.1 Program DualSPHysics	17
2.3.2 Prinsip Dasar <i>DualSPHysics</i>	18
2.4 Uji Perbandingan Model	19
BAB III	24
METODOLOGI PENELITIAN.....	24

3.1	Diagram Alir.....	24
3.2	Metode Pengumpulan Data	25
3.2.1	Data Sekunder	25
3.2.2	Proses Set up	28
3.2.3	Interaksi Gelombang Reguler Dengan Kotak Apung Pada Flume	29
3.2.4	Pengolahan Data Sekunder dengan Digitasi	32
3.3	Model <i>SetUp</i>	35
BAB IV		40
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		40
4.1	Penjalaran Gelombang	40
4.1.1	Penjalaran dengan Mooring Line dan tanpa Mooring Line pada Floating Box	40
4.1.2	Penjalaran dengan Mooring Line dan tanpa Mooring Line pada FOWT ..	41
4.2	Respon Dinamis untuk Floating box	42
4.2.1	Surge (Floating box)	42
4.2.2	Heave (Floating Box).....	44
4.2.3	Pitch (Floating Box).....	45
4.2.4	Perbandingan Nilai RMSE, MAE, NSE, RSR.....	48
4.3	Respon Dinamis untuk FOWT	49
4.3.1	Heave (FOWT).....	49
4.3.2	Surge (FOWT)	50
4.3.3	Pitch (FOWT)	52
BAB V.....		56
KESIMPULAN DAN SARAN.....		56
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA		59

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen Turbin Angin Lepas Pantai (Hendi, 2011).	6
Gambar 2.2 Jenis-jenis Offshore Wind Turbine Structures (Adiprabowo, 2021)	6
Gambar 2. 3 <i>Monopile Type</i> (Adiprabowo, 2021)	7
Gambar 2. 4 <i>Jacket Type</i>	8
Gambar 2. 5 <i>Tension Leg Platform</i> (EcoTLPInc, 2023).....	8
Gambar 2. 6 <i>Semi-Submersible (SafetyForSea, 2019)</i>	9
Gambar 2.7 Spar Type (Almutahir, 2016)	10
Gambar 2.8 Mekanisme Gaya pembalik dan Struktur (Hendi, 2011).....	11
Gambar 2.9 Sistem <i>Mooring</i> (Hendi, 2011)	11
Gambar 2.10 Gelombang Pembentuk Pantai	14
Gambar 2.11 Gelombang Perusak Pantai	15
Gambar 2.12 Parameter-parameter pada Gelombang Progresif Sederhana.....	16
Gambar 2.13 mekanisme terjadinya gelombang laut.....	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Perencanaan.....	24
Gambar 3. 2 Ukuran <i>flume</i> dengan <i>mooring</i> dan tanpa <i>mooring</i>	26
Gambar 3. 3 Rincian Konfigurasi <i>Mooring Lines</i> (Dominguez, 2019).	27
Gambar 3. 4 Posisi <i>Wave Gauge</i> pada flume (Dominguez, 2019).....	28
Gambar 3. 5 Perbedaan waktu interaksi antara gelombang reguler dengan <i>free floatix box</i> yang diukur menggunakan <i>DualSPHysics</i> berdasarkan nilai kecepatan aliran horizontal (Dominiguez, 2019).	30
Gambar 3. 6 Perbedaan waktu interaksi dari gelombang regular dengan <i>freely floating box</i> menggunakan <i>DualSPHysics</i> berdasarkan nilai tekanan (Dominiguez, 2019)....	31
Gambar 3. 7 Menunjukkan Waktu Kotak Terapung Berinteraksi Dengan Gelombang Menggunakan <i>DualSPHysics</i> dan <i>MoorDyn</i> (Dominguez, 2019).....	32
Gambar 3. 16 Menampilkan Gambar Grafik Pada Lembar Kerja ArcGIS.....	33
Gambar 3.17 Tampilan Grafik di Gambar Kerja ArcGIS.....	33
Gambar 3.18 Pembuatan File <i>shapefile</i> di ArcGIS.....	34
Gambar 3. 19 Input Geometri pada File xml Setup 1 untuk: (a) Garis Potongan, (b) Bangkitan Gelombang.....	36
Gambar 3. 20 Input <i>contantsdef</i> pada File xml	36
Gambar 3. 21 Input Kondisi Awal pada File xml untuk Setup.....	37
Gambar 3. 22 Input Bangkitan Gelombang pada File xml	38
Gambar 4. 1 Penjalaran Gelombang pada floating box untuk: (a), (b), (c) tanpa mooring dan (d), (e), (f) dengan mooring.....	40

Gambar 4. 2 Penjalaran Gelombang pada FOWT untuk: (a), (b), (c) tanpa mooring dan (d), (e), (f) dengan mooring.....	41
Gambar 4. 3 Hasil grafik simulasi surge pada floating box dengan dp 0.02	42
Gambar 4. 4 Hasil grafik simulasi surge pada floating box dengan dp 0.03	43
Gambar 4. 5 Hasil grafik simulasi surge pada floating box dengan dp 0.04	43
Gambar 4. 6 Hasil grafik simulasi heave pada floating box dengan dp 0.02.....	44
Gambar 4. 7 Hasil grafik simulasi heave pada floating box dengan dp 0.03.....	44
Gambar 4. 8 Hasil grafik simulasi heave pada floating box dengan dp 0.04.....	45
Gambar 4. 9 Hasil grafik simulasi Pitch pada floating box dengan dp 0.02.....	46
Gambar 4. 10 Hasil grafik simulasi Pitch pada floating box dengan dp 0.03.....	46
Gambar 4. 11 Hasil grafik simulasi Pitch pada floating box dengan dp 0.04.....	47
Gambar 4. 12 Hasil grafik simulasi heave pada tower dengan dp 0.02	49
Gambar 4. 13 Hasil grafik simulasi heave pada tower dengan dp 0.03	49
Gambar 4. 14 Hasil grafik simulasi <i>heave</i> pada tower dengan dp 0.04	50
Gambar 4. 15 Hasil grafik simulasi <i>Surge</i> pada tower dengan dp 0.02	51
Gambar 4. 16 Hasil grafik simulasi <i>Surge</i> pada tower dengan dp 0.03	51
Gambar 4. 17 Hasil grafik simulasi <i>Surge</i> pada tower dengan dp 0.04	52
Gambar 4. 18 Hasil grafik simulasi <i>Pitch</i> pada tower dengan dp 0.02.....	53
Gambar 4. 19 Hasil grafik simulasi <i>Pitch</i> pada tower dengan dp 0.03	54
Gambar 4. 20 Hasil grafik simulasi <i>Pitch</i> pada tower dengan dp 0.04	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori performa berdasarkan nilai RSR dan NSE oleh (Zuliansah, 2023)	22
Tabel 3. 1 Parameter kotak dengan <i>Mooring Lines</i>	26
Tabel 3. 2 Kordinat <i>mooring lines</i> dan sambungan <i>fairleads</i>	27
Tabel 3. 3 Posisi pengukur gelombang sepanjang flume gelombang.	28
Tabel 3.4 Data Hasil Pengujian Gelombang	29
Tabel 4. 1 Tabel Uji Validasi Model <i>Floating Structure</i>	48