

**SIMULASI RESPON DINAMIS *FLOATING STRUCTURE*
TERHADAP GELOMBANG *REGULER* DENGAN
MENGUNAKAN *DUALSPHYSICS***

TUGAS AKHIR



FADLY

1202004047

PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER

UNIVERSITAS BAKRIE

JAKARTA

2024

**SIMULASI RESPON DINAMIS *FLOATING STRUCTURE*
TERHADAP GELOMBANG *REGULER* DENGAN
MENGUNAKAN *DUALSPHYSICS***

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik



Oleh:

FADLY

1202004047

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

UNIVERSITAS BAKRIE

2024

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : **Fadly**

NIM : **1202004047**

Tanda Tangan :



Tanggal : **Agustus 2024**




HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Fadly
NIM : 1202004047
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Judul Skripsi : *Simulasi Respon Floating Box Structure Terhadap Gelombang Reguler Dengan DualSPH*

Telah berhasil menyelesaikan revisi proposal tugas akhir dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan dalam mengikuti sidang tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Bakrie.

DEWAN PENGUJI

Dosen Pembimbing : Teuku Muhammad Rasyif, S.T., M.T., Ph.D. 
Dosen Penguji 1 : Dr.Ir. Budianto Ontowirjo, MSc. 
Dosen Penguji 2 : Dr. Mohammad Ihsan, S.T., M.T., M.Sc. 

Ditetapkan di Jakarta

Tanggal, Agustus 2024

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahrabbi'l'alamin, puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmatnya berupa kesehatan, kesempatan, serta pengetahuan sehingga saya mampu menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Kualitas Layanan Terhadap Pengguna Jasa Transportasi LRT (*Light Rail Transit*) Rute Dukuh Atas – Jati Mulya”.

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer di Universitas Bakrie. Penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini jauh dari kata sempurna dan selama pembuatan tugas akhir ini penulis banyak menerima bantuan dan dukungan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih sebesar – besarnya kepada:

1. Kedua orang tua yang senantiasa mendoakan penulis serta senantiasa mendukung, menasehati, dan juga memberikan motivasi kepada penulis selama penulis melalui pendidikan dan penelitian ini.
2. Ibu Prof. Ir. Sofia W. Alishjahbana, M.Sc., Ph.D., selaku Rektor Universitas Bakrie dan Dosen Pembimbing Akademik.
3. Ibu Fatin Adriati, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie.
4. Bapak Teuku Muhammad Rasyif, S.T., M.T., Ph.D. Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah memberikan masukan, bimbingan, dukungan, dan motivasi bagi penulis selama peneliti dan penyusunan tugas akhir ini.
5. Seluruh Dosen Teknik Sipil Universitas Bakrie yang telah banyak memberi ilmu dan pengetahuan serta arahan selama masa pendidikan.
6. Teman-teman Mahasiswa Program Teknik Sipil Universitas Bakrie Angkatan 2020 serta orang-orang terdekat penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang selalu memberikan semangat hingga penulisan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan.
7. Kepada kawan-kawan Rifo, Rafli, Fadil, Aniiw, Annistya, Jelly dan kawan-

kawan yang tidak bisa saya sebutkan satu per satu terima kasih telah banyak memberikan bantuan dalam penyelesaian perkuliahan dan penulisan skripsi ini.

Terima kasih kepada pihak-pihak yang telah disebutkan sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan Tugas Akhir ini. Demikian ini penulisan Tuga Akhir yang telah dibuat. Saya menyadari Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak. Juga bermanfaat begi saya selaku penulis.

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai Civitas akademik Universitas Bakrie, saya yang bertanda tangan dibawah

ini:

Nama : Fadly
NIM : 1202004047
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 RoyaltyFree Right*)** atas karya ilmiah yang berjudul :

Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksekutif 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 : Agustus 2024

Yang menyatakan



Fadly

SIMULASI RESPON DINAMIS *FLOATING STRUCTURE* TERHADAP GELOMBANG *REGULER* DENGAN MENGGUNAKAN *DUALSPHYSICS*

Fadly¹

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan DualSPHysics dalam mensimulasikan respon dinamis Floating Offshore Wind Turbine (FOWT) terhadap gelombang reguler dan memvalidasinya dengan data uji laboratorium dari Domínguez et al. (2019). Fokus utama dari studi ini adalah untuk memahami pengaruh nilai "Distance of Particle" (dp) terhadap akurasi model serta membandingkan hasil simulasi dengan data eksperimen. Dalam simulasi ini, digunakan tiga nilai dp yang berbeda (0,015 m, 0,010 m, dan 0,005 m) untuk mengukur pengaruhnya terhadap resolusi spasial dan akurasi simulasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemilihan dp yang lebih kecil menghasilkan resolusi spasial yang lebih tinggi dan akurasi yang lebih baik, meskipun memerlukan sumber daya komputasi yang lebih besar. Validasi terhadap data eksperimen menunjukkan bahwa model dengan ukuran partikel 5 mm memberikan performa terbaik di hampir semua metrik error (RMSE, MAE, NSE, RSR) dibandingkan dengan ukuran partikel yang lebih besar. Khususnya, model ini menunjukkan hasil yang sangat baik untuk parameter "Air (η)", "Heave", dan "Pitch", meskipun masih ada kekurangan pada parameter "Surge".

Secara keseluruhan, penelitian ini menegaskan bahwa DualSPHysics mampu memberikan hasil simulasi yang akurat dengan pemilihan nilai dp yang tepat, dan model dengan ukuran partikel 5 mm adalah yang paling optimal dalam konteks efisiensi komputasi dan akurasi.

Kata Kunci: DualSPHysics, Floating Offshore Wind Turbine, Distance of Particle, Smoothed Particle Hydrodynamics, validasi, simulasi gelombang.

¹ Mahasiswa Sarjana Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie

**SIMULASI RESPON DINAMIS *FLOATING STRUCTURE* TERHADAP
GELOMBANG *REGULER* DENGAN MENGGUNAKAN *DUALSPHYSICS***

Fadly¹

ABSTRACT

This research aims to evaluate the ability of DualSPHysics to simulate the dynamic response of a Floating Offshore Wind Turbine (FOWT) to regular waves and validate it with laboratory test data from Domínguez et al. (2019). The main focus of this study is to understand the influence of the "Distance of Particle" (dp) value on model accuracy and compare simulation results with experimental data. In this simulation, three different dp values (0.015 m, 0.010 m, and 0.005 m) were used to measure their effect on the spatial resolution and accuracy of the simulation.

The results show that choosing a smaller dp results in higher spatial resolution and better accuracy, although it requires greater computing resources. Validation against experimental data shows that the model with a particle size of 5 mm provides the best performance in almost all error metrics (RMSE, MAE, NSE, RSR) compared to larger particle sizes. In particular, the model shows excellent results for the "Air (η)", "Heave" and "Pitch" parameters, although there are still shortcomings in the "Surge" parameter.

Overall, this study confirms that DualSPHysics is able to provide accurate simulation results with the appropriate selection of dp values, and the model with a particle size of 5 mm is the most optimal in the context of computational efficiency and accuracy.

Keywords: DualSPHysics, Floating Offshore Wind Turbine, Distance of Particles, Smoothed Particle Hydrodynamics, validation, wave simulation.

¹ Undergraduate Student of Bakrie University Civil Engineering Study Program

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	vii
ABSTRAK	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah.....	7
1.5 Manfaat Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Turbin Angin	8
2.1.1 Turbin angin lepas pantai (OWT)	8
2.2 Teori Gelombang Laut	13
2.2.1 Pengertian Gelombang laut	13
2.2.2 Mekanisme Terjadinya Gelombang Laut	14
2.2.3 Klasifikasi dan Jenis Gelombang	14
2.2.4 Parameter Gelombang	17
2.3 Teori <i>Dual SPHysics</i>	17
2.3.1 <i>Dual SPHysics</i>	17

2.3.2 <i>Meshfree Method</i>	19
2.3.3 Metode SPH (<i>Smoothed Particle Hydrodynamics</i>).....	19
2.4 Uji Perbandingan Model	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	26
3.1 Diagram Alir.....	26
3.2 Metode Pengumpulan Data	27
3.2.1 Data Sekunder	27
3.2.2 Pengolahan Data Sekunder dengan Digitasi	32
3.2.3 Model Setup	37
BAB IV HASIL dan PEMBAHASAN	45
4.1 Proses Penjalaran	45
4.2 Uji Sensitivitas	47
4.2.1 Air (η).....	48
4.2.2 Heave.....	50
4.2.3 Pitch	52
4.2.4 Surge	54
4.3 Nilai Validasi.....	57
BAB V KESIMPULAN dan SARAN.....	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	63

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 2 Persentase penyumbang gas rumah kaca	1
Gambar 1. 3 Konsumsi Energi di berbagai Negara (U.S Energy Information Admisistration, 2023).....	2
Gambar 2. 1 Perbandingan konsep turbin angin lepas Pantai terhadap kedalaman laut dan pembangkitan daya (Lynn,2012).....	9
Gambar 2. 2 Struktur dari OWT (Adiprabowo, 2021)	10
Gambar 2. 3 Struktur dari Type Monopile (Adiprabowo, 2021).....	10
Gambar 2. 4 Struktur dari jacket FOWT (Karimirad, 2014)	11
Gambar 2. 5 FOWT tipe TLP (Karimirad, 2014)	12
Gambar 2. 6 FOWT tipe Semisubmersible (Adiprabowo, 2021).....	12
Gambar 2. 7 FOWT tipe Spar (Karimirad, 2014).....	13
Gambar 2. 8 Mekanisme terjadinya gelombang laut.....	14
Gambar 2. 9 Ilustrasi Constructive Wave	15
Gambar 2. 10 Ilustrasi Destructive Wave	15
Gambar 2. 11 Parameter Gelombang Sederhana (Nastain, 2015)	17
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian	26
Gambar 3. 3 Bentuk dari flume yang digunakan.....	27
Gambar 3. 4 Perbedaan waktu interaksi dari gelombang regular dengan free floating box menggunakan DualSPHysics berdasarkan nilai kecepatan aliran horizontal.....	29
Gambar 3. 5 Perbedaan waktu interaksi dari gelombang regular dengan freely floating box menggunakan DualSPHysics berdasarkan nilai tekanan.	30
Gambar 3. 6 Hasil numerik dan data ekperimen berdasarkan ketinggian air (η)	31
Gambar 3. 7 Hasil numerik dan data ekperimen berdasarkan heave motion	31
Gambar 3. 8 Hasil numerik dan data ekperimen berdasarkan Surge.....	32
Gambar 3. 9 Hasil numerik dan data ekperimen berdasarkan pitch.....	32
Gambar 3. 11 import gambar grafik yang akan dilakukan digitasi	33
Gambar 3. 12 Tampilan Grafik Digambar kerja Arc GIS.....	34
Gambar 3. 13 Pembuatan File Shapefile di ArcGIS.....	35

Gambar 3. 14 Grafik dari Perbandingan Time Series dengan Elevasi Permukaan Air pada Pengukur Gelombang WG2 (a) Sebelum Digitasi dan (b) Sesudah Digitasi.	36
Gambar 3. 15 Hasil tabel Digitasi yang dilakukan di Excel.....	37
Gambar 3. 16 Input Geometri pada file xml setup 1 untuk: (a) Garis Potongan, (b) Bangkitan Gelombang, (c) Bentuk Batimetri, (d) geometri Floating box, dan (e) Geometri Fluida	40
Gambar 3. 17 Input Geometri pada file xml setup 2 untuk: (a) Garis Potongan, (b) Bangkitan Gelombang, (c) Bentuk Batimetri, dan (d) Geometri Fluida.....	41
Gambar 3. 18 Input Geometri pada file xml setup 3 untuk: (a) Garis Potongan, (b) Bangkitan Gelombang, (c) Bentuk Batimetri, dan (d) Geometri Fluida.....	41
Gambar 3. 19 Input contentsdef pada File xml	42
Gambar 3. 20 Input parameters pada File xml	43
Gambar 3. 23 Input Kondisi Awal pada File xml untuk Setup 1, 2 dan 3	43
Gambar 3. 24 Input Bangkitan Gelombang pada File xml untuk Setup 1,2 dan 3	44
Gambar 4. 1 Pemodelan Floating Box menggunakan DualSPHysics: (a) $t = 5s$, (b) $t = 10s$ dan (c) $t = 14s$	46
Gambar 4. 2 Perbandingan antara deret waktu eksperimental dan numerik elevasi air: (a) Dp 15mm pada, (b) Dp 10mm dan (c) Dp 5mm.	50
Gambar 4. 3 Perbandingan antara deret waktu eksperimental dan numerik untuk Heave: (a) Dp 15mm pada, (b) Dp 10mm dan (c) Dp 5mm.	52
Gambar 4. 4 Perbandingan antara deret waktu eksperimental dan numerik Pitch: (a) Dp 15mm, (b) Dp 10mm dan (c) Dp 5mm (Sumber: Peneliti, 2024).....	54
Gambar 4. 5 perbandingan antara deret waktu eksperimental dan numerik untuk Surge: (a) Dp 15mm, (b) Dp 10mm, dan (c) Dp 5mm.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kategori performa berdasarkan nilai RSR dan NSE oleh (Zuliansah, 2023)	25
Tabel 3. 1 Hasil runtime 15 s	31
Tabel 4. 1 Hasil Nilai validasi pada Air (η), Heave, Surge dan Pitch.....	58