

**ANALISIS KINERJA TATA LETAK MANGROVE PADA ZONA
INTERTIDAL UNTUK ATENUASI GELOMBANG DAN
KAPASITAS KARBON BIRU MENGGUNAKAN METODE SPH**

TUGAS AKHIR



**EMILIA ONTRYANY LA'A
1242914010**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL DAN ILMU KOMPUTER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS BAKRIE
JAKARTA
2026**

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 : EMILIA ONTRYANY LA'A

NIM : 1242914010

TANDA TANGAN :

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

TANGGAL : 28 AGUSTUS 2026

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Emilia Ontryany La'a

NIM : 1242914010

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

Judul Skripsi : Analisis Kinerja Tata Letak Mangrove pada Zona Intertidal untuk
Atenuasi Gelombang dan Kapasitas Karbon Biru
Menggunakan Metode SPH

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

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Teuku Muhammad Rasyif, S.T., M.T., Ph. D.

()

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

()

Pembahas 2 : Muhammad Nuzulul Furqan, S.T., M.Sc.

()

Ditetapkan di Jakarta

Tanggal 28 Agustus 2026

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir penelitian yang berjudul “**Analisis Kinerja Tata Letak Mangrove pada Zona Intertidal untuk Atenuasi Gelombang dan Kapasitas Karbon Biru Menggunakan Metode SPH**”. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam pelaksanaan Sidang Skripsi pada Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie.

Penyusunan tugas akhir ini tidak terlepas dari dukungan, bimbingan, dan masukan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Fatin Adriati S.T., M.T., IPP, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Bakrie.
2. Bapak Teuku Muhammad Rasyif, S.T., M.T., PH.D., selaku pembimbing yang telah memberikan arahan, bimbingan, dan koreksi sehingga tugas akhir ini dapat tersusun dengan baik.
3. Seluruh dosen yang telah memberikan ilmu dan wawasan selama masa perkuliahan.
4. Orang tua dan keluarga yang selalu memberikan dukungan, doa, dan motivasi.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi peningkatan kualitas penelitian ini pada tahap selanjutnya.

Akhir kata, penulis berharap tugas akhir ini dapat menjadi dasar yang baik untuk melanjutkan penelitian pada tahap berikutnya.

Kupang, 04 Desember 2025

Penulis

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

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

Nama : Emilia Ontryany La'a

NIM : 1242914010

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer

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

Analisis Kinerja Tata Letak Mangrove pada Zona Intertidal untuk Atenuasi Gelombang dan Kapasitas Karbon Biru Menggunakan Metode SPH

berserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Bakrie berhak menyimpan, mengalihmedWformatkan, 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

Tanggal 28 Agustus 2026

Yang menyatakan



Emilia Ontryany La'a

**ANALISIS KINERJA TATA LETAK MANGROVE PADA ZONA INTERTIDAL
UNTUK ATENUASI GELOMBANG DAN KAPASITAS KARBON BIRU
MENGUNAKAN METODE SPH**

Emilia Ontryany La'a¹

ABSTRAK

Ekosistem pesisir semakin rentan terhadap bahaya gelombang dan dampak perubahan iklim, sehingga diperlukan perlindungan pantai berbasis alam yang mampu memberikan manfaat hidrodinamika sekaligus mendukung mitigasi perubahan iklim. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja tata letak mangrove pada zona intertidal dalam hal atenuasi gelombang dan kapasitas penyimpanan karbon biru menggunakan metode *Smoothed Particle Hydrodynamics* (SPH). Model numerik divalidasi terhadap data eksperimen laboratorium pada kondisi tanpa vegetasi menggunakan *relative error*, RMSE, MAE, dan R^2 , kemudian diterapkan pada domain pesisir tropis skala lapangan sepanjang 250 m dengan *solitary wave* sebagai representasi gelombang tsunami. Tiga konfigurasi mangrove yang dievaluasi meliputi *Below Mean High Water Springs* (*Below MHWS*), *Above Mean High Water Neaps* (*Above MHWN*), dan *Patch Combination*. Hasil validasi menunjukkan *relative error* sebesar 13,48–24,27%, RMSE sebesar 0,0077–0,0117 m, MAE sebesar 0,0061–0,0078 m, dan R^2 sebesar 0,751–0,854. Pada WG3, *Below MHWS* menghasilkan atenuasi tertinggi sebesar 37%, sedangkan *Patch Combination* menghasilkan atenuasi sebesar 7% dan *Above MHWN* menunjukkan peningkatan tinggi gelombang sebesar 49%. Kapasitas penyimpanan karbon tertinggi juga diperoleh pada *Below MHWS*, yaitu sebesar 3,02 ton C atau setara dengan 11,09 ton CO₂. Secara keseluruhan, *Below MHWS* menunjukkan kinerja terbaik di antara konfigurasi yang dievaluasi karena memberikan atenuasi gelombang dan kapasitas penyimpanan karbon biru tertinggi.

Kata kunci: mangrove; atenuasi gelombang; zona intertidal; SPH; karbon biru.

Performance of Mangrove Layouts in the Intertidal Zone for Wave Attenuation and Blue Carbon Storage Using Smoothed Particle Hydrodynamics

Emilia Ontryany La'a¹

ABSTRACT

Coastal ecosystems are increasingly vulnerable to wave hazards and the impacts of climate change, highlighting the need for nature-based coastal protection that can provide hydrodynamic benefits while supporting climate change mitigation. This study aims to evaluate the performance of mangrove layouts within the intertidal zone in terms of wave attenuation and blue carbon storage capacity using the Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH) method. The numerical model was validated against laboratory experimental data under vegetation-free conditions using relative error, RMSE, MAE, and R^2 , and subsequently applied to a 250-m real-scale tropical coastal domain with a solitary wave representing tsunami wave propagation. Three mangrove configurations were evaluated: Below Mean High Water Springs (Below MHWS), Above Mean High Water Neaps (Above MHWN), and Patch Combination. The validation results showed relative errors of 13.48–24.27%, RMSE values of 0.0077–0.0117 m, MAE values of 0.0061–0.0078 m, and R^2 values of 0.751–0.854. At WG3, Below MHWS produced the highest wave attenuation of 37%, while Patch Combination achieved 7% attenuation and Above MHWN resulted in a 49% increase in wave height. The highest blue carbon storage capacity was also obtained for Below MHWS, reaching 3.02 t C, equivalent to 11.09 t CO₂. Overall, Below MHWS demonstrated the best performance among the evaluated configurations, providing the highest wave attenuation and blue carbon storage capacity.

Keywords: mangrove; wave attenuation; intertidal zone; SPH; blue carbon.

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Manfaat Teoritis	4
1.4.2 Manfaat Praktis.....	5
1.5 Batasan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Wilayah Pesisir	8
2.1.1 Pesisir dan <i>Coastal Area</i>	8
2.1.2 Zona Pasang Surut.....	8
2.1.3 Teori Gelombang.....	10
2.2 Ekosistem Mangrove	13
2.3 <i>Smoothed Particle Hydrodynamics</i> (SPH) dalam Simulasi Hidrodinamika	15
2.3.1 Prinsip Dasar SPH	15
2.3.2 Perkembangan SPH untuk Simulasi Gelombang dan Vegetasi	16
2.3.3 Pendekatan Gaya Hambat Lokal (<i>Local Drag Force</i>).....	17

2.4	Validasi Model SPH dengan Data Eksperimen	19
2.4.1	Pendekatan Validasi dalam Studi SPH Terkini	20
2.4.2	Validasi Model SPH dengan Pendekatan <i>Local Drag Force</i>	20
2.4.3	Parameter Statistik Validasi Model	22
2.5	Pengaruh Tata Letak Mangrove terhadap Peredaman Gelombang.....	24
2.5.1	Pentingnya Posisi Vertikal terhadap Muka Air Rata-Rata	24
2.5.2	Konfigurasi Patch Tunggal dan Patch Kombinasi.....	26
2.6	Penyimpanan Karbon Biru.....	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		30
3.1	Diagram Alir Penelitian	30
3.2	Area Simulasi.....	31
3.2.1	Simulasi Validasi Flume.....	31
3.2.2	Simulasi Pesisir Tropis	33
3.3	Data Hidrodinamika Tropis	35
3.3.1	Data Gelombang Tropis.....	35
3.3.2	Data Elevasi Pasang Surut	36
3.4	Data Karakteristik Vegetasi Mangrove Tropis	36
3.5	Metode Analisis Data.....	38
BAB IV PEMBAHASAN		41
4.1	Validasi Model SPH terhadap Eksperimen.....	41
4.2	Analisis Atenuasi Gelombang pada Pesisir Tropis Indonesia	45
4.2.1	Profil Muka Air	47
4.2.2	Elevasi Muka Air.....	51
4.2.3	Tinggi Gelombang.....	54
4.2.4	Persentase Redaman Gelombang.....	55
4.3	Estimasi Kapasitas Karbon Biru	58
BAB V PENUTUP		60
5.1	Kesimpulan	60

5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Pembagian Zona Pasang Surut.....	9
Gambar 2. 2 Karakteristik Gelombang dan Gerakan Partikel Air	11
Gambar 2. 3 Pendekatan Gaya Hambat Lokal pada SPH	17
Gambar 2. 4 Mekanisme Peredaman oleh Mangrove Sonneratia sp.	25
Gambar 2. 5 Siklus Karbon pada Ekosisten Mangrove	27
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	31
Gambar 3. 2 Sketsa Geometri Flume pada Ekperimen.....	32
Gambar 3. 3 Skema Domain Simulasi Pesisir Tropis.....	33
Gambar 3. 4 Skema Skenario Tata Letak Mangrove Pada Zona Intertidal	34
Gambar 4. 1 Validasi Model SPH Terhadap Eksperimen	41
Gambar 4. 2 Profil Muka Air Pesisir Tropis Indonesia	47
Gambar 4. 3 Visualisasi propagasi solitary wave pada skenario Below MHWS pada $t = 9s$, 12s, 15s, dan 21s.....	50
Gambar 4. 4 Elevasi Muka Air Pesisir Tropis Indonesia.....	52

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Parameter Gelombang Tropis	35
Tabel 3. 2 Parameter Elevasi Pasang Surut	36
Tabel 3. 3 Parameter Vegetasi Mangrove Tropis	36
Tabel 4. 1 Nilai Relative Error pada Setiap Wave Gauge	43
Tabel 4. 2 Hasil Validasi Model Menggunakan RMSE, MAE, dan R^2	43
Tabel 4. 3 Hasil Analisis Run-Up dan Inundasi	49
Tabel 4. 4 Tinggi Gelombang Pesisir Tropis Indonesia	54
Tabel 4. 5 Redaman Gelombang Pesisir Tropis Indonesia	56
Tabel 4. 6 Estimasi Kapasitas Karbon Biru pada Setiap Skenario Tata Letak Mangrove..	58

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Visualisasi Propagasi Gelombang <i>Solitary</i> pada Setiap Skenario Simulasi ...	66
Lampiran 2. Inputan XML Validasi	69
Lampiran 3. Inputan XML Untuk Simulasi Pesisir Tropis Kondisi Tanpa Vegetasi.....	74
Lampiran 4. Inputan XML Untuk Simulasi Pesisir Tropis Kondisi <i>Below</i> MHWS	80
Lampiran 5. Inputan XML Untuk Simulasi Pesisir Tropis Kondisi <i>Above</i> MHWN.....	86
Lampiran 6. Inputan XML Untuk Simulasi Pesisir Tropis Kondisi <i>Patch</i> Kombinasi.....	92