

***INTERNAL TIDES DAN EDDIES DI LAUT SULAWESI DARI
HASIL SIMULASI NUMERIK***

SKRIPSI

MASTERINA RAHMADYA

26050119140102



**PROGRAM STUDI OSEANOGRAFI
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2023

***INTERNAL TIDES DAN EDDIES DI LAUT SULAWESI DARI
HASIL SIMULASI NUMERIK***

MASTERINA RAHMADYA

26050119140102

Skripsi sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh
Derajat Sarjana S1 pada Departemen Oseanografi
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Diponegoro

**PROGRAM STUDI OSEANOGRAFI
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2023

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : *Internal Tides Dan Eddies di Laut Sulawesi Dari Hasil Simulasi Numerik*
Nama Mahasiswa : Masterina Rahmadya
Nomor Induk Mahasiswa : 26050119140102
Departemen/Program Studi : Oseanografi

Mengesahkan,

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Denny Nugroho Sugianto S.T., M.Si.
NIP. 19740810 200112 1 001

Pembimbing Anggota




Dr. Dwiyoga Nugroho, M.T.
NIP. 19790804 200312 1 002

Dekan

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan

Universitas Diponegoro



Prof. Ir. Tri Winarni Agustini M.Sc., Ph.D.
NIP. 19650821 199001 2 001

Ketua

Program Studi Oseanografi

Departemen Oseanografi



Dr. Kunarso S.T., M.Si.
NIP. 19690525 199603 1 002

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : *Internal Tides Dan Eddies* di Laut Sulawesi Dari Hasil Simulasi Numerik
Nama Mahasiswa : Masterina Rahmadya
Nomor Induk Mahasiswa : 26050119140102
Departemen/Program Studi : Oseanografi

Skripsi ini telah disidangkan di hadapan Tim Penguji pada:

Hari/Tanggal : Senin, 29 Mei 2023
Tempat : Ruang B307 Lt 3, Gedung B, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro

Penguji Utama



Dr. Ir. Baskoro Rochaddi M.T

NIP. 19650313 199203 1 001

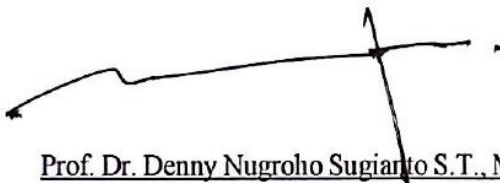
Penguji Anggota



Rikha Widiaratih S.Si., M.Si

NIP. 19850708 201903 2 009

Pembimbing Utama



Prof. Dr. Denny Nugroho Sugianto S.T., M.Si.

NIP. 19740810 200112 1 001

Pembimbing Anggota



Dr. Dwiyoga Nugroho, M.T

NIP. 19790804 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya Masterina Rahmadya, menyatakan bahwa karya ilmiah/skripsi yang berjudul *Internal Tides dan Eddies di Laut Sulawesi Dari Hasil Simulasi Numerik* adalah asli karya saya sendiri dan belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Diponegoro maupun perguruan tinggi lainnya.

Semua informasi yang dimuat dalam karya ilmiah/skripsi ini yang berasal dari karya orang lain, baik yang dipublikasikan atau tidak, telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar dan semua isi dari karya ilmiah/skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Semarang, Mei 2023

Penulis,



Masterina Rahmadya

NIM. 26050119140102

ABSTRAK

(Masterina Rahmadya. 26050119140102. *Internal Tides Dan Eddies di Laut Sulawesi Dari Hasil Simulasi Numerik. Denny Nugroho Sugianto dan Dwiyoga Nugroho*)

Laut Sulawesi merupakan perairan semi tertutup yang berfungsi sebagai pintu masuk Arlindo, faktor ini berkontribusi dalam terjadinya gelombang pasang surut internal dan pusaran arus (*eddies*). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari gelombang pasang surut internal dan pusaran arus (*eddies*) menggunakan pemodelan sirkulasi laut 3 dimensi baroklinik CROCO-ROMS (Regional Ocean Modeling System) dengan resolusi $1/18^\circ$ pada tahun 2018-2021. Model yang menggambarkan siklus tahunan pada suhu yang dipengaruhi dan tidak dipengaruhi oleh pasang surut memiliki nilai yang lebih rendah pada musim barat dibandingkan pada musim timur dengan rentang nilai -0.01 m/dt hingga 0.01 m/dt yang terjadi pada kedalaman 200 meter. Hasil model digunakan untuk menggambarkan bagaimana masuknya Arlindo menyebabkan terjadinya sirkulasi *eddies* dengan mempengaruhi suhu perairan di Laut Sulawesi hingga terbentuknya *eddies* dengan tipe siklonik dan antisiklonik. Pada analisis model numerik menunjukkan bahwa gelombang internal yang merambat menuju Laut Sulawesi dan Kepulauan Sangihe dipengaruhi oleh adanya *sill* dengan topografi yang curam. Validasi model dilakukan dengan membandingkan hasil model dengan data satelit baik yang dipengaruhi oleh pasang surut maupun yang tidak terpengaruh pasang surut. Hasil tersebut memiliki korelasi dengan suhu permukaan laut sebesar 0.81 dan 0.80 sedangkan korelasi dengan tinggi muka air laut sebesar 0.47 dan 0.86.

Kata Kunci : Arlindo, CROCO, *eddies*, Laut Sulawesi, pasang surut internal

ABSTRACT

(Masterina Rahmadya. 26050119140102. *Internal Tides and Eddies in the Sulawesi Sea From Numerical Simulations.* **Denny Nugroho Sugianto dan Dwiyoga Nugroho**)

Sulawesi Sea is a semi-enclosed water that is the entrance of the Indonesian Throughflow (ITF) and contributes to internal tidal waves and eddies. This study aims to determine the characteristics of internal tides and eddies using 3-dimensional baroclinic CROCO-ROMS (Regional Ocean Modeling System) ocean circulation modeling with a resolution of $1/18^\circ$ in 2018-2021. The Models that describe the annual cycle of temperature that is influenced and not affected by tides have lower values in the west monsoon than in the east monsoon with a value range of -0.01 m/dt to 0.01 m/dt which occurs at a depth of 200 meters. The model results should explain how ITF (Indonesian Throughflow) entry affects the circulation of eddies by influencing the temperature of the waters in the Sulawesi Sea, leading to the creation of cyclonic and anticyclonic eddies. Furthermore, the numerical model analysis showed the existence of sills with steep topography impacts internal waves that propagate into the Sulawesi Sea and the Sangihe Islands. Model validation is accomplished by comparing model findings to satellite data, whether affected or unaffected by tides. The results indicated correlation values of 0.81 and 0.80 with sea surface temperatures, respectively, and 0.47 and 0.86 with sea surface height.

Keywords : *ITF (Indonesian Troughflow), eddies, Sulawesi Sea, internal tides*

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur kehadiran Allah SWT karena atas berkat rahmat dan hidayah-Nya lah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “***Internal Tides dan Eddies di Laut Sulawesi Dari Hasil Simulasi Numerik***”. Tugas akhir merupakan syarat guna memperoleh gelar sarjana Strata 1 (S1) pada Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.

Tugas akhir ini dibuat dengan bimbingan, dukungan serta bantuan dari banyak pihak sehingga dapat diselesaikan dengan baik. Maka dari itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, terutama kepada :

1. **Prof. Dr. Denny Nugroho Sugianto S.T., M.Si.** dan **Dr. Dwiyoga Nugroho, M.T** selaku pembimbing penulis yang telah memberikan ilmu, bimbingan, serta dukungan dalam segala proses penyusunan tugas akhir ini.
2. **Ibu Dr. Ir. Dwi Haryo Ismunarti M.Si.**, selaku dosen wali yang memberikan saran dan semangat dalam proses penulisan tugas akhir ini.
3. Kedua orang tua dan keluarga besar serta sahabat Gita yang selalu mengirimkan doa, harapan serta dukungan dan kasih sayang kepada penulis.
4. Teman-teman oseanografi UNDIP dan IPB dan teman lainnya yang sudah memberi support dan bantuan selama proses penyusunan tugas akhir.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penyusunan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa terdapat kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini sehingga kritik serta saran sangat diharapkan untuk melengkapi kekurangan tersebut. Akhir kata, semoga karya ilmiah ini dapat bermanfaat.

Semarang, 19 Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH.....	v
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Peneltian.....	4
1.5 Waktu dan Tempat	4
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Arus Lintas Indonesia (Arlindo)	5
2.2 Laut Sulawesi	7
2.3 <i>Internal Tides</i>	9
2.4 <i>Eddies</i>	12
2.5 Faktor Hidro-Oseanografi	14
2.5.1 Suhu Permukaan Air Laut (<i>Sea Surface Temperature</i>).....	14
2.5.2 Tinggi Muka Air Laut (<i>Sea Surface Height</i>).....	14

2.5.3 Arus Laut.....	15
2.6 Gelombang Pasang Surut	15
2.7 Regional Ocean Modelling System – CROCO.....	17
2.8 Sistem Operasi LINUX.....	17
3. MATERI DAN METODE.....	19
3.1 Materi Penelitian	19
3.1.1 Data	19
3.2 Metode Penelitian.....	21
3.2.1 Metode Pengolahan Data	21
3.3 Alur Penelitian	30
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Hasil.....	31
4.1.1 Plot Perbandingan SST (<i>Sea Surface Temperature</i>) Rata-Rata Tahunan 2018-2021 2D antara Model dan Satelit	31
4.1.2 Validasi Model dengan Observasi	32
4.1.3 Hasil Model <i>Internal Tides</i> di Laut Sulawesi	34
4.1.4 <i>Eddies</i> di Laut Sulawesi.....	36
4.1.5 Plot Taylor Diagram untuk SST (<i>Sea Surface Temperature</i>), SSH (<i>Sea Surface Height</i>) (Korelasi, RMSE)	42
4.2 Pembahasan	43
4.2.1 Karakteristik <i>Internal Tides</i> di Laut Sulawesi Berdasarkan Hasil Model	43
4.2.2 Pola Pusaran Arus (<i>Eddies</i>) di Laut Sulawesi.....	44
5. KESIMPULAN.....	47
5.1 Kesimpulan.....	47
5.2 Saran.....	47

DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	57
RIWAYAT HIDUP	123

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian.....	4
Gambar 2.1 Arus Lintas Indonesia (Arlindo).....	5
Gambar 2.2 Profil Suhu dan Salinitas saat Transformasi Massa Air di Perairan Indonesia	6
Gambar 2.3 Laut Sulawesi.....	8
Gambar 2.4 Skema Pembangkit Internal Tides, Propagasi dan Disipasi	10
Gambar 2.5 Gelombang Internal Laut Sulawesi dengan Pengamatan Citra MODIS	11
Gambar 2.6 Snapshot elevasi permukaan yang terindikasi adanya internal tides di Laut Sulawesi dan Kepulauan Sulu.....	12
Gambar 2.7 Pusaran (<i>Eddies</i>).....	13
Gambar 3.1 Grid domain model CROCO	26
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	30
Gambar 4.1 (a) World Ocean Atlas 2018, (b) OSTIA (Operational SST and Sea Ice Analysis) tahun 2018-2021, (c) Simulasi dipengaruhi oleh pasang surut, (d) Simulasi tidak dipengaruhi pasang surut.....	31
Gambar 4.2 Hasil Validasi Tinggi Muka Air Laut (Sea Surface.....	33
Gambar 4.3 Hasil Validasi Suhu Permukaan Laut (Sea Surface Temperature) Model dengan Satelit dari OSTIA.....	33
Gambar 4.4. Peta kedalaman di perairan Laut Sulawesi	34

Gambar 4.5 (a) Propagasi gelombang dari fenomena internal tides di Laut Sulawesi pada kedalaman 200 meter, (b) Sebaran kecepatan vertikal W di Laut Sulawesi pada kedalaman 75 meter	35
Gambar 4.6 Hasil Perbandingan terjadinya eddies yang dipengaruhi oleh pasang surut pada Musim Barat dan Musim Timur tahun 2021	36
Gambar 4.7 Hasil Perbandingan terjadinya eddies tanpa pasang surut pada Musim Barat dan Musim Timur tahun 2021	38
Gambar 4.8 Hasil Rata-Rata Perbandingan terjadinya eddies yang dipengaruhi pasang surut pada Musim Barat dan Musim Timur tahun 2021	40
Gambar 4.9 Hasil Rata-Rata Perbandingan terjadinya eddies tanpa pengaruh pasang surut pada Musim Barat dan Musim Timur tahun 2021	41
Gambar 4.10 Diagram taylor pada parameter suhu permukaan laut dan tinggi muka air laut yang (a) dipengaruhi oleh pasang surut, (b) tanpa dipengaruhi pasang surut antara data model dengan data satelit ss	

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Alat Penelitian	19
Tabel 3.2 Bahan Penelitian.....	20
Tabel 3.3 Parameter Umum Konfigurasi Model	25

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Distribusi arus (<i>eddies</i>) di Laut Sulawesi di kedalaman 1 meter pada Musim Timur yaitu bulan Juni 2021 dengan pengaruh pasang surut	58
Lampiran 2. Distribusi arus (<i>eddies</i>) di Laut Sulawesi di kedalaman 10 meter pada Musim Timur yaitu bulan Juni 2021 dengan pengaruh pasang surut	63
Lampiran 3. Distribusi arus (<i>eddies</i>) di Laut Sulawesi di kedalaman 50 meter pada Musim Timur yaitu bulan Juni 2021 dengan pengaruh pasang surut	68
Lampiran 4. Distribusi arus (<i>eddies</i>) di Laut Sulawesi di kedalaman 1 meter pada Musim Timur yaitu bulan Juni 2021 tanpa pengaruh pasang surut	73
Lampiran 5. Distribusi arus (<i>eddies</i>) di Laut Sulawesi di kedalaman 10 meter pada Musim Timur yaitu bulan Juni 2021 tanpa pengaruh pasang surut	78
Lampiran 6. Distribusi arus (<i>eddies</i>) di Laut Sulawesi di kedalaman 50 meter pada Musim Timur yaitu bulan Juni 2021 tanpa pengaruh pasang surut	83
Lampiran 7. Distribusi arus (<i>eddies</i>) di Laut Sulawesi di kedalaman 1 meter pada Musim Barat yaitu bulan Januari 2021 dengan pengaruh pasang surut.....	88
Lampiran 8. Distribusi arus (<i>eddies</i>) di Laut Sulawesi di kedalaman 10 meter pada Musim Barat yaitu bulan Januari 2021 dengan pengaruh pasang surut.....	94
Lampiran 9. Distribusi arus (<i>eddies</i>) di Laut Sulawesi di kedalaman 50 meter pada Musim Barat yaitu bulan Januari 2021 dengan pengaruh pasang surut.....	100
Lampiran 10. Distribusi arus (<i>eddies</i>) di Laut Sulawesi di kedalaman 1 meter pada Musim Barat yaitu bulan Januari 2021 tanpa pengaruh pasang surut.....	106
Lampiran 11. Distribusi arus (<i>eddies</i>) di Laut Sulawesi di kedalaman 10 meter pada Musim Barat yaitu bulan Januari 2021 tanpa pengaruh pasang surut.....	112
Lampiran 12. Distribusi arus (<i>eddies</i>) di Laut Sulawesi di kedalaman 50 meter pada Musim Barat yaitu bulan Januari 2021 tanpa pengaruh pasang surut.....	117