

**DEKOMPOSISI SINYAL GELOMBANG PERIODE RENDAH
DENGAN METODE *FAST FOURIER TRANSFORM* DARI
PEMANTAUAN PASANG SURUT MENGGUNAKAN SENSOR
A01NYUB DI STASIUN TELUK AWUR, JEPARA**

SKRIPSI

SEKAR ADININGSIH

26050119120012



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

2023

**DEKOMPOSISI SINYAL GELOMBANG PERIODE RENDAH
DENGAN METODE *FAST FOURIER TRANSFORM* DARI
PEMANTAUAN PASANG SURUT MENGGUNAKAN SENSOR
A01NYUB DI STASIUN TELUK AWUR, JEPARA**

**SEKAR ADININGSIH
26050119120012**

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**

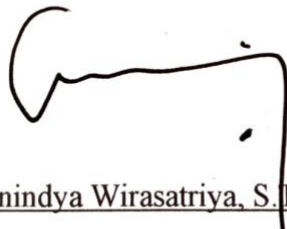
HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Dekomposisi Sinyal Gelombang Periode Rendah
Dengan Metode *Fast Fourier Transform* dari
Pemantauan Pasang Surut Menggunakan Sensor
A01NYUB di Stasiun Teluk Awur, Jepara

Nama Mahasiswa : Sekar Adiningsih
Nomor Induk Mahasiswa : 26050119120012
Departemen : Oseanografi
Fakultas : Perikanan dan Ilmu Kelautan

Mengesahkan:

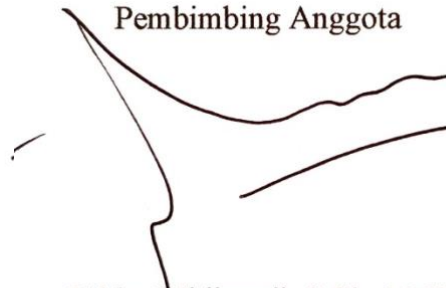
Pembimbing Utama



Dr. Sc. Anindya Wirasatriya, S.T., M.Si., M.Sc

NIP. 19771119 200312 1 003

Pembimbing Anggota



Rikha Widiaratih S.Si., M.Si

NIP. 19850708 201903 2 009

Dekan

Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Diponegoro



Prof. Ir. Iri Widiarni 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 : Dekomposisi Sinyal Gelombang Periode Rendah
Dengan Metode *Fast Fourier Transform* dari
Pemantauan Pasang Surut Menggunakan Sensor
A01NYUB di Stasiun Teluk Awur, Jepara
Nama Mahasiswa : Sekar Adiningsih
Nomor Induk Mahasiswa : 26050119120012
Departemen : Oseanografi
Fakultas : Perikanan dan Ilmu Kelautan

Skripsi ini telah disidangkan di hadapan Tim Penguji pada:
Hari/Tanggal : Kamis, 22 Juni 2023
Tempat : Ruang G101, Gedung G, Fakultas Perikanan dan
Ilmu Kelautan

Mengesahkan:

Penguji Utama



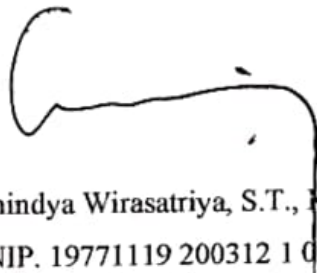
Ir. Warsito Atmodjo, M.Si.
NIP. 19590328 198902 1 001

Penguji Anggota



Dr. Aris Ismanto S.Si., M.Si.
NIP. 19820418 200801 1 010

Pembimbing Utama



Dr. Sc. Anindya Wirasatriya, S.T., M.Si., M.Sc.
NIP. 19771119 200312 1 003

Pembimbing Anggota



Rikha Widiaratih S.Si., M.Si.
NIP. 19850708 201903 2 009

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Saya Sekar Adiningsih, dengan ini menyatakan bahwa karya ilmiah/skripsi ini adalah hasil karya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Diponegoro maupun perguruan tinggi lain.

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

Semarang, 13 Juni 2023

Penulis



Sekar Adiningsih

NIM. 26050119120012

ABSTRAK

(Sekar Adiningsih. 26050119120012. Dekomposisi Sinyal Gelombang Periode Rendah Dengan Metode *Fast Fourier Transform* dari Pemantauan Pasang Surut Menggunakan Sensor A01NYUB di Stasiun Teluk Awur, Jepara. Anindya Wirasatriya dan Rikha Widiaratih)

Upaya untuk memitigasi bencana pantai dan juga proteksi pesisir membutuhkan data pengukuran pasang surut pada lokasi spesifik di suatu pesisir. Salah satu metode memonitori atau pengukuran pasang surut dan gelombang laut adalah dengan menggunakan sensor ultrasonik. Penelitian dilakukan di Science Techno Park, Kampus Universitas Diponegoro, Jepara, Jawa Tengah. Penelitian ini menggunakan sensor ultrasonik jenis A01NYUB. Sensor tersebut memiliki kemampuan deteksi maksimum sejauh 750 cm dan resolusi 1 mm. Perekaman data elevasi muka air laut menggunakan sensor ultrasonik memungkinkan perekaman sinyal *noise* yang dapat menunjukkan variasi gelombang di suatu perairan. Data elevasi muka air laut dapat didekomposisi untuk mendapatkan variabilitas gelombang menggunakan metode *Fast Fourier Transform* (FFT). Hasil validasi data elevasi muka air laut dengan sensor ultrasonik A01NYUB menghasilkan nilai RMSE yaitu 0,02973 dan nilai bias $- 56 \times 10^{-15}$. Tipe pasang surut di Perairan Teluk Awur, Jepara adalah campuran condong harian tunggal atau *mixed tide prevailing diurnal*. Hasil dekomposisi yang dilakukan dengan metode *Fast Fourier Transform* (FFT) menunjukkan adanya variasi tipe gelombang periode rendah yang ada di Perairan Teluk Awur Jepara. Berdasarkan proses dekomposisi data elevasi muka air laut yang direkam dengan sensor ultrasonik A01NYUB didapatkan 4 tipe gelombang berdasarkan periodenya yaitu infragravity waves (30 detik – 5 menit); long-period waves (5 menit – 12 jam); ordinary tidal waves (12 – 24 jam); dan trans tidal waves (> 24 jam).

Kata kunci: Dekomposisi Sinyal, Gelombang, Pasang Surut, *Fast Fourier Transform* (FFT)

ABSTRACT

(Sekar Adiningsih. 26050119120012. Decomposition of Low Period Wave Signals Using the Fast Fourier Transform Method from Tidal Monitoring Using the A01NYUB Sensor at Teluk Awur Station, Jepara. Anindya Wirasatriya dan Rikha Widiaratih)

Efforts to mitigate coastal disasters as well as coastal protection require tidal measurement data at specific locations on a coast. One method of monitoring or measuring tides and sea waves is to use ultrasonic sensors. The research was conducted at the Science Techno Park, Diponegoro University Campus, Jepara, Central Java. This study uses an ultrasonic sensor type A01NYUB. The sensor has a maximum detection capability of 750 cm and a resolution of 1 mm. Recording sea level elevation data using ultrasonic sensors allows signal recording noise which can show wave variations in a waters. Sea level elevation data can be decomposed to obtain wave variability using the Fast Fourier Transform (FFT) method. The validation results of sea level elevation data with the A01NYUB ultrasonic sensor produce an RMSE value of 0.02973 and a bias value of -56×10^{-15} . The tidal type in Teluk Awur waters, Jepara is mixed tide prevailing diurnal. The results of the decomposition carried out by the Fast Fourier Transform (FFT) method shows that there are variations in the type of low period waves that exist in Teluk Awur Jepara waters. Based on the decomposition process of sea level elevation data recorded with the A01NYUB ultrasonic sensor, 4 types of waves are obtained based on the period, namely infragravity waves (30 seconds – 5 minutes); long-period waves (5 minutes – 12 hours); normal tidal waves (12 – 24 hours); and trans tidal waves (> 24 hours).

Keywords: *Signal Decomposition, Waves, Tides, Fast Fourier Transform (FFT)*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Tuhan yang Maha Esa karena limpahan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Dekomposisi Sinyal Gelombang Periode Rendah Dengan *Metode Fast Fourier Transform* dari Pemantauan Pasang Surut Menggunakan Sensor A01NYUB di Stasiun Teluk Awur, Jepara” dengan baik. Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak – pihak yang telah membantu dalam penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. **Dr. Sc. Anindya Wirasatriya, S.T., M.Si., M.Sc** dan **Rikha Widiaratih S.Si., M.Si.** selaku pembimbing yang telah memberikan arahan dalam penelitian dan penyusunan skripsi ini,
2. **Prof. Dr. Ir. Muhammad Zainuri, DEA** selaku dosen wali,
3. **Bapak, Ibu, saudara, teman-teman** dan **sahabat** yang telah mendukung, mendoakan, dan memberikan semangat kepada penulis selama masa perkuliahan,
4. **Komunitas Algomarine** yang telah memberikan pengalaman, pengajaran, dan pengembangan kompetensi penulis untuk menerapkan pemrograman dalam bidang oseanografi dan kelautan.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis sangat terbuka terhadap saran dan kritik yang bersifat membangun. Semoga tulisan ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan juga kepada orang lain.

Semarang, 13 Juni 2023

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pasang Surut.....	5
2.2 Gelombang	5
Tabel 2.1 Klasifikasi gelombang laut berdasarkan periode	6
2.3 Fast Fourier Transform (FFT)	7
2.4 Sistem Pengukur Pasang Surut	7
2.4.1 Sensor Ultrasonik A01NYUB	7
2.4.2 ESP32S2.....	8
3. MATERI DAN METODE	10
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	10
3.2 Materi Penelitian	10
3.3 Alat dan Bahan	11
3.4 Metode Penelitian	12
3.5 Metode Penentuan Lokasi	13
3.6 Metode Perancangan Sistem Pengukur Pasang Surut.....	14
3.7 Metode Pengolahan dan Analisis Data.....	16
3.7.1 Filter dan Perata-rataan Data Hasil Pengamatan dari Sensor A01NYUB.....	16

3.7.2 Fast Fourier Transform (FFT).....	16
3.7.3 Continuous Wavelet Transform (CWT)	17
3.7.4 Validasi Data	18
3.8 Diagram Alir	19
4. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Hasil	20
4.1.1 Sistem Pengukur Pasang Surut di Stasiun Teluk Awur	20
4.1.2 Validasi Data Pasang Surut Stasiun Pasang Surut Teluk Awur	22
4.1.2.1 Grafik Perbandingan Pasang Surut (Datum MSL)	22
4.1.2.2 Hasil Scatter Plot RMSE dan Bias	23
4.1.2.3 Perbandingan Komponen Pasang Surut Menggunakan <i>U_Tide</i>	24
4.1.3 Dekomposisi Gelombang Berdasarkan Periode.....	27
4.1.3.1 <i>Infragravity Waves</i> (20s – 5min).....	27
4.1.3.2 Long Period Waves (5min – 12h)	29
4.1.3.3 Ordinary Tidal Waves (12h – 24h).....	31
4.1.3.4 <i>Trans Tidal Waves</i> (>24h)	33
4.1.3.5 Power Spectral Density	35
4.1.3.6 Continuous Wavelet Transform.....	36
4.2 Pembahasan.....	37
4.2.1 Sistem Pengukuran Pasang Surut Menggunakan Sensor A01NYUB.....	37
4.2.2 Validasi Data Hasil Pengukuran Stasiun Pasang Surut Teluk Awur.....	39
4.2.3 Analisis Hasil Dekomposisi Sinyal Gelombang di Perairan Teluk Awur	40
4.2.3.1 <i>Infragravity Waves</i>	40
4.2.3.2 <i>Long-period Waves</i>	41
4.2.3.3 <i>Ordinary Tidal Waves</i>	42
4.2.3.4 <i>Trans Tidal Waves</i>	43
4.2.3.5 Distribusi Energi dari Sinyal Gelombang dalam Domain Waktu - Frekuensi.....	43
4.2.4 Analisis Karakteristik Pasang Surut di Perairan Teluk Awur	45
5. KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA.....	49
LAMPIRAN.....	53

RIWAYAT HIDUP.....105

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi gelombang laut berdasarkan periode	6
Tabel 3.1 Alat dan Bahan yang Digunakan dalam Penelitian	11
Tabel 4.1 Komponen Harmonik Pasang Surut Stasiun Pasang Surut Teluk Awur	25
Tabel 4.2 Komponen Harmonik Pasang Surut Stasiun Pasang Surut BIG Jepara	.26

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Sensor Ultrasonik A01NYUB.....	8
Gambar 1.2 Mikrokontroler ESP32S2.....	9
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian Wilayah Teluk Awur Jepara.....	10
Gambar 3.2a Jarak Stasiun Pasang Surut Teluk Awur dan BIG Jepara.....	13
Gambar 3.2b Jarak Stasiun Pasang Surut Teluk Awur ke Pesisir	13
Gambar 3.3a Pengukuran Jarak Sensor A01NYUB ke Dasar Laut	14
Gambar 3.3b Ilustrasi Jarak Sensor A01NYUB ke Dasar Laut	14
Gambar 3.4 Rangkaian Sensor A01NYUB dan ESP32S2 untuk Mengukur Pasang Surut.....	15
Gambar 3.5a Posisi Sensor A01NYUB di Stasiun Pasang Surut Teluk Awur.....	15
Gambar 3.5b Ilustrasi Skema Pengukuran Elevasi Air Laut dengan Sensor Ultrasonik A01NYUB.....	15
Gambar 3.6 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 4.1 Stasiun Pasang Surut Teluk Awur	20
Gambar 4.1a Tampak Depan (Box Panel Sistem).....	20
Gambar 4.1b Tampak Belakang (Sensor Ultrasonik A01NYUB).....	20
Gambar 4.2 Nilai Elevasi Muka Air Laut (cm) (<i>Raw Data</i>) Menggunakan Sensor A01NYUB.....	21
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Data Pasang Surut Stasiun Teluk Awur vs BIG Jepara.....	22
Gambar 4.4 Scatter Plot RMSE Data Pasang Surut Stasiun Teluk Awur dan BIG Jepara (21 Januari – 27 Februari 2023).....	23
Gambar 4.5 Grafik Pasang Surut Stasiun Teluk Awur Jepara (21 Januari – 27 Februari 2023).....	24
Gambar 4.6 Grafik Pasang Surut Stasiun BIG Jepara (21 Januari – 27 Februari 2023)	26
Gambar 4.7 Grafik <i>Time Series Infragravity Waves</i> dari <i>Raw Data</i> Pasang Surut	27

Gambar 4.8. Grafik <i>Time Series</i> Residu <i>Infragravity Waves</i> dari <i>Raw Data</i>	28
Gambar 4.9 Perbandingan Residu <i>Infragravity Waves</i> dan <i>Raw Data</i>	29
Gambar 4.10 Grafik <i>Time Series Long-period Waves</i> dari <i>Raw Data</i> Pasang Surut	29
Gambar 4.11 Grafik <i>Time Series</i> Residu <i>Long-period Waves</i> dari <i>Raw Data</i>	30
Gambar 4.12 Perbandingan Residu <i>Long-period Waves</i> dan <i>Raw Data</i>	31
Gambar 4.13 Grafik <i>Time Series Ordinary Tidal Waves</i> dari <i>Raw Data</i> Pasang Surut	31
Gambar 4.14 Grafik <i>Time Series</i> Residu <i>Ordinary Tidal Waves</i> dari <i>Raw Data</i>	32
Gambar 4.15 Perbandingan Residu <i>Ordinary Waves</i> dan <i>Raw Data</i>	33
Gambar 4.16 Grafik <i>Time Series Trans Tidal Waves</i> dari <i>Raw Data</i> Pasang Surut	33
Gambar 4.17 Grafik <i>Time Series</i> Residu <i>Trans Tidal Waves</i> dari <i>Raw Data</i>	34
Gambar 4.18 Perbandingan Residu <i>Trans Waves</i> dan <i>Raw Data</i>	35
Gambar 4.19 Grafik <i>Power Spectral Density</i> Pembagian Tipe Gelombang Berdasarkan Periode	35
Gambar 4.20 <i>Wavelet Power Spectrum</i> Pembagian Tipe Gelombang Berdasarkan Periode dalam Domain Waktu-Frekuensi	36
Gambar 4.21 Tampilan <i>Website</i> Stasiun Pasang Surut Teluk Awur	38

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skrip Arduino (C++) untuk integrasi Sensor A01NYUB dan ESP32S2.....	64
Lampiran 2. <i>Raw Data</i> Pasang Surut Stasiun Teluk Awur (<i>sampling</i> 1 Hari).....	67
Lampiran 3. Data Perbandingan Teluk Awur vs BIG Jepara untuk RMSE (<i>sampling</i> 1 Hari)	84