

**ESTIMASI SPASIAL DAN TEMPORAL SEBARAN
KONSENTRASI KLOOROFIL-A DENGAN CITRA SENTINEL-2A
DI PERAIRAN MUARA SUNGAI BODRI, KENDAL**

SKRIPSI

SYAH MALFIN NAZIR

26050120140129



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

2024

**ESTIMASI SPASIAL DAN TEMPORAL SEBARAN
KONSENTRASI KLOOROFIL-A DENGAN CITRA SENTINEL-2A
DI PERAIRAN MUARA SUNGAI BODRI, KENDAL**

SYAH MALFIN NAZIR

26050120140129

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
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : Estimasi Spasial dan Temporal Sebaran Konsentrasi
Klorofil-a dengan Citra Sentinel-2A di Perairan Muara
Sungai Bodri, Kendal
Nama Mahasiswa : Syah Malfin Nazir
NIM : 26050120140129
Departemen/Program Studi : Oseanografi

Mengesahkan,

Pembimbing Utama



Ir. Alfi Satriadi, M.Si.
NIP. 196509271992121001

Pembimbing Anggota



Dr. Lilik Maslukah, S.T., M.Si
NIP. 197509091999032001

Dekan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan



Prof. Ir. H. Winarni Agustini, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196508211990012001

Ketua
Departemen Oseanografi



Dr. Kunarso, S. T., M. Si.
NIP. 196905251996031002

HALAMAN PENGESAHAN

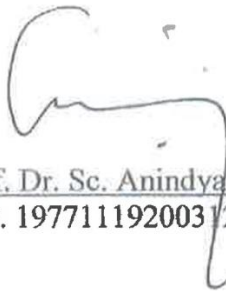
Judul Skripsi : Estimasi Spasial dan Temporal Sebaran Konsentrasi
Klorofil-a dengan Citra Sentinel-2A di Perairan Muara
Sungai Bodri, Kendal
Nama Mahasiswa : Syah Malfin Nazir
NIM : 26050120140129
Departemen/Program Studi : Oseanografi

Skripsi ini telah disidangkan dihadapan Tim Penguji pada :

Hari/Tanggal : Kamis, 18 April 2024
Tempat : Ruang Sidang Gedung G101, FPIK Undip

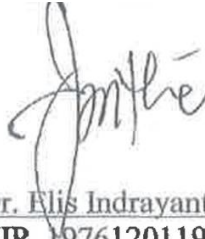
Mengesahkan,

Penguji Utama



Prof. Dr. Sc. Anindya Wirasatriya, S.T., M.Si., M.Sc
NIP. 197711192003121003

Penguji Anggota



Dr. Elis Indrayanti, S.T., M.Si.
NIP. 197612011999032003

Pembimbing Utama



Ir. Alfi Satriadi, M.Si.
NIP. 196509271992121001

Pembimbing Anggota



Dr. Lilik Maslukah, S.T., M.Si
NIP. 197509091999032001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Dengan ini saya, **Syah Malfin Nazir**, menyatakan bahwa karya ilmiah/skripsi yang Estimasi Spasial dan Temporal Sebaran Konsentrasi Klorofil-a dengan Citra Sentinel-2A di Perairan Muara Sungai Bodri, Kendal 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. Penelitian dalam karya ilmiah/skripsi ini merupakan salah satu bagian dari penelitian dengan sumber dana dari Selain APBN DPA SUKPA Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro dengan nomor kontrak sebagai berikut: 609-60/UN7.D2/PP/VIII/2023.

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/skrpsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis.

Semarang, 2 April 2024

Penulis,



Syah Malfin Nazir

NIM. 26050120140129

ABSTRAK

(Syah Malfin Nazir, 26050120140129. Estimasi Spasial Dan Temporal Sebaran Konsentrasi Klorofil-a dengan Citra Sentinel-2A Di Perairan Muara Sungai Bodri, Kendal. Alfi Satriadi dan Lilik Maslukah).

Klorofil yang memiliki kandungan dominan pada fitoplankton yaitu klorofil-a sehingga menjadi parameter dalam menentukan tingkat kesuburan perairan. Sepanjang Sungai Bodri terdapat aktivitas manusia yang kompleks yang dapat menghasilkan limbah baik limbah rumah tangga, limbah tambak, serta dari aktivitas pertanian dan industri sehingga dampaknya mencapai perairan muara Sungai Bodri menuju laut. Guna menghemat waktu dan pengeluaran maka pengukuran klorofil-a yang lebih efektif dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh secara temporal dari citra Sentinel-2A, serta melakukan uji validasi dengan data observasi lapangan khusus 18 Oktober 2023 dalam memperoleh algoritma prediksi terbaik. Penelitian ini bertujuan untuk membangun dan menguji algoritma estimasi nilai klorofil-a yang didapatkan dari nilai reflektansi citra Sentinel-2A untuk analisis spasial dan temporal, dan kesesuaian dengan parameter lingkungan serta faktor hidro-oseanografi di perairan muara Sungai Bodri. Pengolahan dan uji validasi semua data dilakukan melalui analisis statistik serta prinsip Sistem Informasi Geografis dengan memanfaatkan beberapa *software* seperti *Microsoft Excel* 2021, *ArcMap* 10.8, dan *SNAP*. Berdasarkan hasil analisis, distribusi secara spasial dan temporal dilakukan menggunakan algoritma terbaik yang dihasilkan oleh kanal hijau (λ_3) dibagi kanal merah (λ_4) dengan nilai terbaik pada metode eksponensial klorofil-a = $92.216 \cdot \exp(-1.867 \cdot \lambda_3 / \lambda_4)$. Hasil uji keakuratan diperoleh $R^2 = 0,55$; MAPE = 3%; RMSE = 1,38; BIAS = 0,88. Nilai konsentrasi klorofil-a observasi lapangan berkisar antara 6,84 – 15,76 mg/m³, sedangkan nilai rerata bulanan hasil citra berkisar antara 0,13-15,29 mg/m³. Klorofil-a memiliki korelasi Pearson yang cukup kuat dan berbanding lurus dengan curah hujan (0,550), korelasi rendah dan berbanding lurus intensitas cahaya matahari (0,232), serta cukup kuat dan berbanding terbalik dengan elevasi pasang surut (-0,451).

Kata kunci: Klorofil-a, Distribusi Spasial dan Temporal, Sentinel-2A, Muara Sungai Bodri

ABSTRACT

(Syah Malfin Nazir, 26050120140129. *Spatial and Temporal Estimation of Chlorophyll-a Concentration Distribution Using Sentinel-2A Imagery in the Waters of Bodri River Estuary, Kendal.* Alfi Satriadi and Lilik Maslukah).

Chlorophyll, which is predominantly found in phytoplankton, specifically chlorophyll-a, becomes a parameter in determining the fertility level of the waters. Along the Bodri River, there are complex human activities that can generate waste, including household waste, pond waste, as well as from agricultural and industrial activities, thus impacting the waters from the mouth of the Bodri River to the sea. To save time and expenses, a more effective measurement of chlorophyll-a is carried out by utilizing remote sensing technology temporally from Sentinel-2A imagery and validating it with specific field observation data on October 18, 2023, to obtain the best prediction algorithm. This study aims to develop and test an algorithm to estimate the chlorophyll-a values obtained from the reflectance values of Sentinel-2A imagery for spatial and temporal analysis, and their suitability with environmental parameters and hydro-oceanographic factors in the waters of the Bodri River estuary. Processing and validation of all data are carried out through statistical analysis and the principles of Geographic Information Systems using several software such as Microsoft Excel 2021, ArcMap 10.8, and SNAP. Based on the analysis results, spatial and temporal distribution is performed using the best algorithm generated by the green channel (λ_3) divided by the red channel (λ_4) with the best value in the exponential method for chlorophyll-a = $92.216 \cdot \exp(-1.867 \cdot \lambda_3 / \lambda_4)$. The accuracy test results obtained $R^2 = 0.55$; MAPE = 3%; RMSE = 1.38; BIAS = 0.88. The observed chlorophyll-a concentration values range from 6.84 to 15.76 mg/m³, while the monthly mean values from the imagery range from 0.13 to 15.29 mg/m³. Chlorophyll-a has a fairly strong and direct Pearson correlation with rainfall (0.550), a low and direct correlation with sunlight intensity (0.232), and a fairly strong and inverse correlation with tidal elevation (-0.451).

Keywords: *Chlorophyll-a, Spatial and Temporal Distribution, Sentinel-2A, Bodri River Estuary*

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT. atas berkat, rahmat, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Estimasi Spasial Dan Temporal Sebaran Konsentrasi Klorofil-a dengan Citra Sentinel-2A Di Perairan Muara Sungai Bodri, Kendal”** sebagai pemenuhan kewajiban penyelesaian skripsi untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Universitas Diponegoro.

Penulis pada kesempatan ini ingin menyampaikan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan pedoman dan kekuatan pada setiap proses perkuliahan.
2. Ir. Alfi Satriadi, M.Si, selaku dosen pembimbing utama yang memberikan dukungan dan ilmu yang bermanfaat selama menyusun skripsi.
3. Dr. Lilik Maslukah, S.T., MSi, selaku dosen pembimbing anggota yang sangat membantu dan memberikan dukungan serta arahan dalam penyusunan skripsi.
4. Kedua orang tua penulis beserta keluarga yang telah memberikan dukungan moril maupun secara materiil dalam menyelesaikan pendidikan tinggi.
5. Teman-teman seperjuangan yang selalu menemani dan memberikan semangat serta dukungan selama proses menjalankan pendidikan tinggi.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis terbuka untuk saran dan kritik yang membangun bagi penyempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak, terima kasih.

Semarang, 28 Maret 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Waktu dan Tempat Penelitian	6
2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Wilayah Muara Sungai	7
2.2 Muara Sungai Bodri	8
2.3 Klorofil-a	9
2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Klorofil-A di Perairan	11
2.4.1 Elevasi Pasang Surut.....	11
2.4.2 Intensitas Cahaya Matahari	12
2.4.3 Curah Hujan	14
2.5 Sentinel-2A.....	15
2.6 Analisis Regresi Linier	16
2.7 Algoritma Pengolahan Data	18
3. MATERI DAN METODE	20
3.1 Materi Penelitian	20
3.2 Alat dan Bahan	20

3.3	Metode Penelitian.....	24
3.3.1	Metode Pengambilan Data	24
3.3.2	Metode Pengambilan Data Lapangan	24
3.3.3	Analisis Laboratorium Nilai Konsentrasi Sebaran Klorofil-A	25
3.3.4	Pengolahan Data Citra Sentinel-2A	26
3.3.5	Pembuatan Algoritma Prediksi Klorofil-A	27
3.3.6	Uji Akurasi Citra Klorofil-A	29
3.3.7	Metode Pengolahan Data Faktor Hidro-Oseanografi dan Parameter Lingkungan	30
3.4	Diagram Alir Penelitian.....	32
4.	HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1	Hasil.....	33
4.1.1.	Nilai Klorofil-a Hasil Observasi Lapangan.....	33
4.1.2.	Saluran Kanal Akuisisi Data Citra Satelit	34
4.1.3.	Hasil Uji Akurasi.....	36
4.1.4.	Peta Sebaran Klorofil-a Hasil Algoritma Terpilih.....	37
4.1.5.	Sebaran Spasial dan Temporal Klorofil-a Algoritma Terpilih.....	40
4.1.6.	Hubungan Parameter Lingkungan dan Faktor Hidro-Oseanografi dengan Klorofil-a.....	44
4.2	Pembahasan	47
4.2.1	Kesesuaian Konsentrasi Klorofil-a Hasil Observasi Lapangan dan Hasil Prediksi Citra Sentinel-2A	47
4.2.1	Sebaran Spasial dan Temporal Klorofil-a dengan Algoritma Baru.....	49
4.2.2	Pengaruh Faktor Lingkungan dan Hidro-Oseanografi Terhadap Sebaran Konsentrasi Klorofil-A Hasil Prediksi	51
5.	KESIMPULAN DAN SARAN	54
5.1	Kesimpulan.....	54
5.2	Saran	54
	DAFTAR PUSTAKA.....	56
	LAMPIRAN.....	60
	RIWAYAT HIDUP.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Klasifikasi Status Trofik Perairan Berdasarkan Nilai Klorofil-a	11
Tabel 2.2 Karakteristik Citra Sentinel-2A (Dimara et al., 2020).....	16
Tabel 3.1 Data Penelitian.....	21
Tabel 3.2 Alat Penelitian.....	22
Tabel 3.3 Bahan Penelitian	23
Tabel 3.4 Perangkat dan Laboratorium Pengolahan Data	23
Tabel 3.5 Interpretasi Nilai Koefisien Determinasi	29
Tabel 4.1 Nilai R^2 dari $R_{rs}(\lambda)$ 10m dan In-situ Citra Sentinel 2.....	36
Tabel 4.2 Hasil Penentuan Pemodelan Algoritma Terbaik Estimasi Klorofil-a.....	37
Tabel 4.3 Korelasi Pearson Klorofil-a dengan Parameter Pendukung Secara	
Temporal	43

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta Lokasi Penelitian.....	6
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	32
Gambar 4.1 Peta Persebaran Klorofil-a Data Observasi Lapangan.....	34
Gambar 4.2 Grafik Akurasi Sebaran Klorofil-a Observasi Stasiun Validasi dan Algoritma Prediksi λ_3/λ_4	38
Gambar 4.3 Peta Sebaran Klorofil-a dengan Algoritma Terbaik.....	39
Gambar 4.4 Prediksi Sebaran Konsentrasi Klorofil-a Spasial dan Temporal (a) 17 Desember 2022 (b) 20 Februari 2023 (c) 12 Maret 2023 (d) 6 April 2023 (e) 16 Mei 2023 (f) 10 Juni 2023 (g) 10 Juli 2023 (h) 14 Agustus.. 2023 (i) 3 September 2023 dan (j) 18 Oktober 2023 dengan Algoritma .. Terbaik	41
Gambar 4.5 Grafik Sebaran Spasial Nilai Rata-rata Klorofil-a Secara Temporal Pada Setiap Perwakilan Stasiun Laut Lepas dan Muara.....	42
Gambar 4.6 Grafik Temporal Parameter Curah Hujan terhadap Klorofil-a.	44
Gambar 4.7 Grafik Temporal Intensitas Cahaya Matahari terhadap Klorofil-a.	46
Gambar 4.8 Grafik Temporal Elevasi Pasang Surut terhadap Klorofil-a	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai Konsentrasi Klorofil-a Hasil Observasi Lapangan	60
Lampiran 2 Hasil Analisis Regresi Eksponensial Kanal Tunggal dengan Nilai	
Reflektansi Spektral 10 m	61
Lampiran 3 Pengolahan Data dalam Memperoleh Algoritma Baru	62
Lampiran 4 Nilai Parameter Pendukung Klorofil-a	63
Lampiran 5 Elevasi Pasang Surut Saat Akuisi Citra.....	63