

Distribusi Klorofil-A Menggunakan Citra Satelit Landsat 8 Di Muara Sungai Banyuasin, Sumatera Selatan

Isnaini¹, Gusti Diansyah^{2*}, Tengku Zia Ulqodry³, Heron Surbakti²,
Laksamana Fachryzal Arsyey⁴, Riris Aryawati¹

¹Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya

²Laboratorium Oseanografi dan Instrumentasi Kelautan, Universitas Sriwijaya

³Laboratorium Bioekologi Kelautan, Universitas Sriwijaya

⁴Laboratorium Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Kelautan, Universitas Sriwijaya
Jl. Raya Palembang - Prabumulih Km. 32, Indralaya, Ogan Ilir, Sumatera Selatan 30662 Indonesia

Email: gusti.diansyah@unsri.ac.id

Abstrak

Perairan Muara Sungai Banyuasin merupakan daerah yang sangat dinamis dan biasa dimanfaatkan untuk aktivitas masyarakat sekitar, sehingga mempengaruhi perubahan kondisi perairan. Klorofil-a merupakan salah satu parameter produktivitas primer yang dapat mengetahui kualitas perairan. Teknologi penginderaan jauh dapat mempermudah dalam mendapatkan distribusi dan konsentrasi klorofil-a di perairan. Tujuan penelitian ini untuk menguji akurasi citra Landsat-8 yang sesuai dalam mengekstraksi konsentrasi klorofil-a di perairan Muara Sungai Banyuasin menggunakan algoritma Wibowo *et al.* (1994) dan Pentury (1997), mengetahui pola sebaran secara spasial klorofil-a pada data lapangan dan data citra di Muara Sungai Banyuasin, serta menganalisis distribusi klorofil-a pada tiap musim tahun 2022 di Muara Sungai Banyuasin. Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Oktober – November 2022. Hasil penelitian ini menunjukkan uji validasi antara kedua algoritma didapatkan algoritma Wibowo *et al.* (1994) dari persamaan regresi linear ($y = 1,4691x - 1,2669$) yang lebih sesuai dengan R^2 0,918 dan RMSE terendah yaitu 0,0924. Pola sebaran konsentrasi klorofil-a di Muara Sungai Banyuasin antara data lapangan dengan data citra menunjukkan nilai yang tidak jauh berbeda, dengan nilai pada *insitu* berkisar 2,22–3,35 mg/m³ sedangkan data citra 1,68–3,79 mg/m³. Rata-rata konsentrasi pada musim barat, peralihan I, timur, dan peralihan II pada tahun 2022 sebesar 2,41–3,71 mg/m³.

Kata kunci : Klorofil-a, Citra Landsat-8, Muara Sungai Banyuasin

Abstract

Spatial and Temporal Distribution of Chlorophyll-a Using Landsat-8 Satellite Imagery in Banyuasin River Estuary, South Sumatera

The Banyuasin River Estuary are very dynamic area and usually used for the activities of the surrounding community, thereby affecting changes in water conditions. Chlorophyll-a is one of the primary productivity parameters that can determine water quality. Remote sensing technology can make it easier to get the distribution and concentration of chlorophyll-a in waters. The purpose of this study was to test the accuracy of Landsat-8 imagery that is suitable for extracting chlorophyll-a concentrations in the Banyuasin River Estuary waters using the Wibowo *et al.* algorithm. (1994) and Pentury (1997), determined the spatial distribution pattern of chlorophyll-a in field data and image data in the Banyuasin River Estuary, and analyzed the distribution of chlorophyll-a in each season in 2022 in the Banyuasin River Estuary. This research was held in October to November 2022. The results of this study showed that the validation test between the two algorithms was obtained by the Wibowo *et al.* (1994) from the linear regression equation ($y = 1,4691x - 1,2669$) which is more suitable with the R^2 of 0.918 and the lowest RMSE of 0,0924. The distribution pattern of chlorophyll-a concentrations in the Banyuasin River Estuary between field data and image data shows values that are not much different, with *insitu* values ranging from 2.22–3.35 mg/m³ while image data is 1,68–3,79 mg/m³. The average concentration in the west season, transition I, east, and transition II in 2022 is 2,41–3,71 mg/m³.

Keywords : Chlorophyll-a, Landsat-8 Imagery, Banyuasin River Estuary

PENDAHULUAN

Wilayah Muara Sungai Banyuasin merupakan daerah yang sangat intensif dimanfaatkan untuk aktivitas manusia seperti penangkapan ikan, transportasi air, kawasan industri, serta kawasan permukiman dan tempat pembuangan limbah (Marendy, 2017). Muara Sungai Banyuasin merupakan daerah yang signifikan dalam menerima masukan bahan organik dari berbagai aktivitas manusia yang berlangsung di wilayah perairan dan daratan sekitarnya. Interaksi ini memiliki potensi untuk mempengaruhi konsentrasi klorofil-a di daerah tersebut.

Salah satu parameter produktivitas primer adalah keberadaan klorofil-a (Tyas, 2017). Konsentrasi klorofil-a, baik tinggi maupun rendah, berkaitan erat dengan kondisi yang terdapat di dalam suatu perairan. Setiap perairan memiliki variasi dalam produktivitas primer, yang dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia yang ada di lingkungannya, yang pada akhirnya akan mempengaruhi konsentrasi klorofil-a. Menurut Haryanto *et al.* (2021) klorofil-a merupakan faktor biologis yang berpengaruh pada kondisi perairan. Kondisi ekosistem di perairan laut dapat mempengaruhi kemampuan biota dapat bertahan pada kondisi tertentu (Akhlak *et al.*, 2015).

Kandungan klorofil-a di perairan dapat digunakan sebagai indikator tinggi rendahnya tingkat tropik perairan atau kesuburan perairan (Simanjuntak *et al.*, 2017). Salah satu cara pengamatan konsentrasi klorofil-a menggunakan citra satelit, dengan ini bisa memperkirakan kondisi kesuburan suatu perairan. Menurut Lavigne *et al.* (2017) kajian mengenai konsentrasi klorofil-a sangat penting untuk memantau kondisi eutrofikasi yang terjadi di perairan.

Kajian mengenai distribusi klorofil-a pada wilayah Muara Sungai Banyuasin memiliki keterbatasan informasi baik secara spasial dan temporal pada penelitian sebelumnya. Dengan menggunakan metode penginderaan jauh diharapkan dapat mengetahui perubahan sebaran klorofil-a secara temporal dan spasial. Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memenuhi kekurangan pada penelitian sebelumnya pengetahuan mengenai distribusi klorofil-a di Perairan Muara Sungai Banyuasin.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji akurasi citra Landsat-8 yang sesuai dalam mengekstraksi konsentrasi klorofil-a di perairan Muara Sungai Banyuasin menggunakan algoritma

Wibowo *et al.* (1994) dan Pentury (1997), mengetahui pola sebaran secara spasial klorofil-a di Muara Sungai Banyuasin pada data *insitu* (lapangan) dan data citra satelit Landsat-8 OLI tahun 2022, dan menganalisis distribusi klorofil-a pada tiap musim pada Muara Sungai Banyuasin.

MATERI DAN METODE

Penelitian ini telah dilaksanakan pada bulan Oktober 2022 hingga bulan November 2023 di Perairan Muara Sungai Banyuasin, Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. Penentuan titik lokasi pengambilan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling* yang merupakan teknik penentuan sampel dengan pertimbangan tertentu. Dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan yang dapat mewakili kondisi keseluruhan lokasi. Sehingga diharapkan hasil sampel yang diambil dapat memberikan informasi mengenai wilayah kajian (Damayanti *et al.* 2017). Penelitian ini terdapat 9 titik stasiun dari data Citra Landsat-8 OLI pada bulan Oktober 2021, dengan kondisi perairan menuju pasang pada perekaman citra. Peta penentuan lokasi titik stasiun dapat dilihat pada Gambar 1.

Penelitian ini dilaksanakan melalui dua tahap, yaitu tahap pengolahan data penginderaan jauh dan analisis konsentrasi Klorofil-a di laboratorium. Pengambilan sampel klorofil-a diambil pada setiap stasiun sebanyak 500 ml. Analisis sampel klorofil-a dilakukan di laboratorium Oseanografi dan Instrumentasi Kelautan, Jurusan Ilmu Kelautan, Universitas Sriwijaya.

Analisis sampel klorofil-a dilakukan menggunakan metode spektrofotometri yang mengacu pada Hutagalung *et al.* (1997). Konsentrasi klorofil-a yang telah dianalisis dengan metode spektrofotometri dihitung dengan persamaan Strickland dan Parsons (1968) dengan persamaan sebagai berikut:

$$Chl - a = 11,6E_{665} - 1,31 E_{645} - 0,14E_{630}$$

Keterangan: Chl-a = Klorofil-a (mg/m^3); E_{664} = Nilai absorbansi ($\lambda 664$ - $\lambda 750$) nm; E_{647} = Nilai absorbansi ($\lambda 647$ - $\lambda 750$) nm; E_{630} = Nilai absorbansi ($\lambda 630$ - $\lambda 750$) nm

Menghitung konsentrasi klorofil pada sampel air (mg/m^3), maka hasil nilai klorofil-a dikalikan dengan faktor (k) berdasarkan jumlah volume air yang disaring. Berikut ini persamaan untuk menghitung faktor k.

$$k = \frac{Ve}{Vs \times d}$$

Keterangan: V_e = Volume aseton yang digunakan dalam ekstraksi (ml); V_s = Volume air yang disaring (L); d = Lebar kuvet (cm)

Pengolahan data citra menggunakan *software* ArcGis, Data citra yang digunakan yaitu path/row 124/62 yang berasal dari data Citra Landsat 8. Selanjutnya data citra dilakukan koreksi atmosferik menggunakan *software* QGIS 3.16. untuk menghilangkan gangguan pada data citra pada saat perekaman yang disebabkan pengaruh atmosfer. Kemudian tahap berikutnya mengekstraksi nilai konsentrasi Klorofil-a. Kedua algoritma ini akan disesuaikan dengan nilai konsentrasi Klorofil-a *insitu*. Algoritma yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Hasil ekstraksi nilai konsentrasi Klorofil-a yang telah didapat menggunakan dua algoritma kemudian divisualisasikan menjadi peta distribusi Klorofil-a. Peta dibuat menggunakan *software* ArcGis 10.8 dengan mengklasifikasikan nilai konsentrasi klorofil-a menggunakan perbedaan warna. Berikutnya tahap akhir, yaitu dilakukan

validasi data citra dan data lapangan untuk mengetahui akurasi dari kedua data tersebut menggunakan analisis regresi.

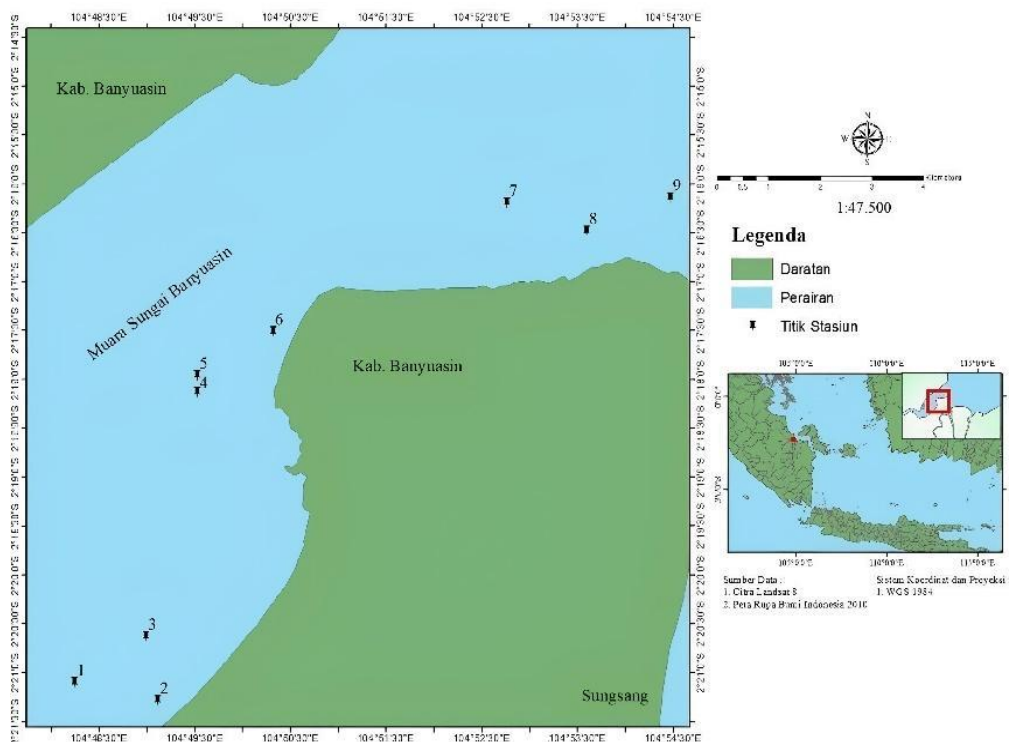
Pengujian algoritma klorofil-a dilakukan dengan menggunakan indeks *rootmean square error* (RMSE). Semakin kecil nilai indeks RMSE maka data yang didapat semakin bagus dan akurat. Indeks RMSE dihitung menggunakan rumus:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_m - X_e)^2}{N}}$$

Keterangan: RMSE= *Root Mean Square Error*; X_m = Nilai ukuran (klorofil-a laboratorium); X_e = Nilai estimasi (klorofil-a citra Landsat 8); N = jumlah data yang digunakan untuk validasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan nilai konsentrasi klorofil-a di Muara Sungai Banyuasin pada penelitian ini melalui data sekunder menggunakan dua algoritma yang berbeda yaitu Wibowo *et al.* (1994) dan Pentury (1997). Data citra yang dipakai yaitu citra Landsat-8 pada tanggal 28 November 2022, dikarenakan data citra tersebut paling mendekati tanggal pengambilan sampel secara *insitu*



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

dan daerah kajian tidak tertutup lapisan awan. Kondisi perairan pada saat perekaman citra yaitu sedang pasang.

Nilai konsentrasi Klorofil-a dari data lapangan (*insitu*) sebanyak 9 titik stasiun, pengambilan sampel dilakukan pada saat pasang. Hasil dari analisis data lapangan (*insitu*) disajikan pada Tabel 2. Konsentrasi klorofil-a yang paling tinggi tercatat pada stasiun 1 dengan nilai mencapai 3,33 mg/m³, sementara konsentrasi klorofil-a yang terendah tercatat di stasiun 9 dengan nilai 2,32 mg/m³. Meskipun demikian, perbedaan kandungan klorofil-a pada masing-masing stasiun tidak terlalu signifikan. Konsentrasi klorofil-a di suatu perairan sangat disebabkan oleh kondisi lingkungan setempat dan aktivitas manusia di sekitar wilayah perairan tersebut. Konsentrasi klorofil-a dibandingkan dengan penelitian di pesisir Sumatera selatan lainnya. Sihombing *et al.* (2013) di perairan Muara Sungai Musi berkisar antara 5,10–6,32 mg/m³ dan penelitian Marendy *et al.* (2017) di perairan Muara Sungai Lumpur, Kabupaten OKI konsentrasi klorofil-a berkisar antara 2,2664–3,5523 µg/l.

Tingginya konsentrasi klorofil-a *insitu* pada stasiun 1 dapat dikarenakan oleh masukan zat hara yang bersumber dari aliran dua sungai yang bermuara di Muara Sungai Banyuasin yang berasal dari kegiatan pertanian dan perikanan. Hal ini sesuai dengan penelitian Alqadri *et al.* (2022); Amna *et al.* (2022) mengkaji distribusi klorofil di Muara Sungai Bodri Kendal dan Muara Sungai Demak, bahwa tingginya konsentrasi klorofil-a bersumber aliran sungai yang membawa nutrisi masuk ke dalam perairan. Hal tersebut juga diperkuat dengan pernyataan Muhammad *et al.* (2021) distribusi klorofil-a secara horizontal dipengaruhi oleh konsentrasi nutrisi, serta erat kaitannya dengan proses fotosintesis yang berlangsung di perairan.

Aktivitas manusia seperti kegiatan perikanan dan pembuangan limbah rumah tangga, merupakan aktivitas yang menyumbang limbah organik ke perairan sebagai bahan nutrisi akibat proses degradasi oleh mikroba (Nugraheni *et al.*, 2022). Kondisi kualitas perairan salah satunya dapat dilihat dari konsentrasi klorofil-a (Poddar *et al.*, 2019).

Smith (1999) mengkategorikan status kesuburan perairan mesotropik jika konsentrasi klorofil-a berkisar antara 1–3 mg/m³ dan lebih dari 5 mg/m³ dalam status hipereutropik. Selanjutnya

menurut Hakason dan Bryann (2008) membagi status kesuburan perairan menjadi empat kategori, yaitu konsentrasi klorofil-a kurang dari 2 mg/m³ dikategorikan oligotropik, 2–6 mg/m³ dikategorikan mesotropik, 6–20 mg/m³ dikategorikan perairan tersebut eutropik sedangkan lebih dari 20 mg/m³ dikategorikan ke dalam perairan hipertropik. Konsentrasi klorofil-a di perairan Muara Sungai Banyuasin berdasarkan data lapangan (*insitu*) berkisar 2,32–3,33 mg/m³, sehingga dapat dikategorikan perairan muara sungai Banyuasin dalam status mesotropik (tingkat kesuburan cukup).

Nilai konsentrasi klorofil-a di Muara Sungai Banyuasin melalui data sekunder menggunakan dua algoritma yang berbeda yaitu Wibowo *et al.* (1994) dan Pentury (1997) yang dapat dilihat pada Gambar 2, hasil tersebut belum dilakukan validasi dengan data *insitu* (data lapangan). Pola sebaran kandungan klorofil-a di Muara Sungai Banyuasin memakai Algoritma Wibowo *et al.* (1994) menunjukkan bahwa nilai kandungan klorofil-a berkisar 1,68 hingga 3,52 mg/m³. Penggunaan algoritma Wibowo *et al.* (1994) memakai nilai reflektansi pada band hijau dan merah atau band 3 dan 4. Hasil pengolahan data citra dengan menggunakan Algoritma Pentury (1997) menghasilkan nilai konsentrasi klorofil-a yang bervariasi antara 2,11 hingga 4,75 mg/m³. Pola distribusi kandungan klorofil-a dari algoritma tersebut disajikan pada Gambar 2.

Kesesuaian atau untuk menguji antara data citra dengan data lapangan (*insitu*) diketahui dengan analisis regresi. Menurut Zuhri (2020) persamaan regresi dapat digunakan untuk mencari kaitan antara variabel bebas data citra (X) dan variabel tak bebas data lapangan (*insitu*) (Y). Hasil regresi konsentrasi klorofil-a citra Landsat-8 pada algoritma Wibowo *et al.* (1994) dan Pentury (1997) disajikan di Tabel 3.

Nilai koefisien determinasi (R²) (Tabel 3) pada regresi linear memiliki nilai koefisien determinasi 0,918 untuk Algoritma Wibowo *et al.* (1994) dan 0,8756 Algoritma Pentury (1997). Menurut Suryono (2018) nilai koefisien determinasi jika mendekati nilai 1, maka menunjukkan adanya kaitan yang kuat antar variabel. Penelitian ini dilakukan perbandingan antara dua algoritma yaitu Algoritma Wibowo *et al.* (1994) dan Algoritma Pentury (1997), dengan menggunakan data klorofil-a hasil pengukuran *insitu* (data lapangan) sebagai acuan.

Tabel 1. Persamaan Algoritma dalam Ekstraksi Nilai Konsentrasi Klorofil-a

Algoritma	Persamaan
Wibowo <i>et al.</i> (1994)	$\text{Chl-a} = 2,41 (B4/B3) + 0,187$
Pentury (1997)	$\text{Chl-a} = 2,3868 (B3/B2) - 0,4671$

Keterangan : Chl-a= Konsentrasi Klorofil-a (mg/m^3) ; B2= Kanal 2 Landsat-8 OLI (*band* biru); B3= Kanal3 Landsat-8 OLI (*band* hijau); B4= Kanal 4 Landsat-8 OLI (*band* merah)

Tabel 2. Nilai Konsentrasi Klorofil-a *Insitu* (Data Lapangan)

Stasiun	Nilai Konsentrasi Klorofil-a (mg/m^3)
1	3,33
2	3,01
3	3,33
4	2,85
5	3,32
6	3,14
7	2,79
8	2,73
9	2,32
Rata-rata	2,98

Tabel 3. Hasil regresi konsentrasi klorofil-a data lapangan (*insitu*) dengan konsentrasi klorofil-a citra Landsat-8 di perairan Muara Sungai Banyuasin

Regresi	Wibowo <i>et al.</i> (1994)	R ²	Pentury (1997)	R ²
Linear	$y = 1,4691x - 1,2669$	0,918	$y = 0,905x + 0,097$	0,8756
Pol. Ordo 2	$y = -0,4507x^2 + 4,0273x - 4,9007$	0,9243	$y = -0,5305x^2 + 4,2566x - 5,1379$	0,9181
Pol. Ordo 3	$y = -4,8718x^3 + 41,279x^2 - 114,53x + 0,9496$ 106,8		$y = -0,3539x^3 + 2,8604x^2 - 6,4818x + 6,0977$	0,9201
Pol. Ordo 4	$y = -26,334x^4 + 297,71x^3 - 1258,4x^2 + 2358,3x - 1651,7$	0,9598	$y = -7,8724x^4 + 99,196x^3 - 466,32x^2 + 970,29x - 751,77$	0,961

Hasil regresi konsentrasi klorofil-a data lapangan (*insitu*) dengan hasil validasi regresi dari algoritma Wibowo *et al.* (1994) didapatkan bahwa model regresi linear yang paling mendekati dengan nilai konsentrasi klorofil-a data lapangan (*insitu*). Grafik kesesuaian konsentrasi Klorofil-a data lapangan (*insitu*) dengan hasil regresi Algoritma Wibowo *et al.* (1994) disajikan pada Gambar 3. Berdasarkan hasil tersebut, persamaan yang dihasilkan adalah $y = 1,4691x - 1,2669$. Model persamaan ini kemudian dipakai membuat pola sebaran dugaan kandungan klorofil-a pada setiap musim dengan rentang tahun 2021 hingga 2022 yang disajikan pada Gambar 4.

Penelitian ini memerlukan validasi pada data citra, yang mana dengan melakukan uji

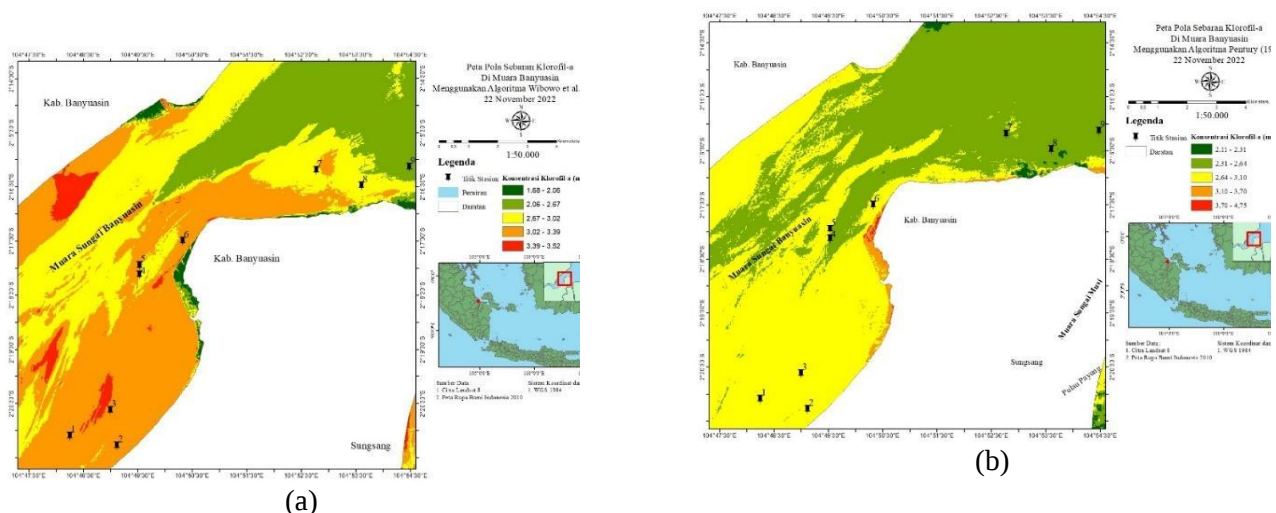
akurasi untuk mengevaluasi keakuratan hasil ekstraksi yang diperoleh menggunakan data citra Landsat-8 terhadap data lapangan (*insitu*). Uji akurasi yang dipakai pada penelitian ini adalah *Root Mean Square Error* (RMSE). Seperti halnya yang dilakukan pada penelitian Prasetyo *et al.* (2021), bahwa RMSE adalah metode untuk mengukur tingkat kesalahan prediksi dengan membandingkan nilai prediksi oleh model hipotesis dengan nilai pengamatan (data lapangan). Hasil dari uji akurasi RMSE ini ditampilkan dalam Tabel 4.

Hasil perhitungan RMSE pada Tabel 4 menunjukkan bahwa Algoritma Wibowo *et al.* (1994) memiliki nilai RMSE yang rendah yaitu sebesar 0,0924 dibandingkan dengan Algoritma

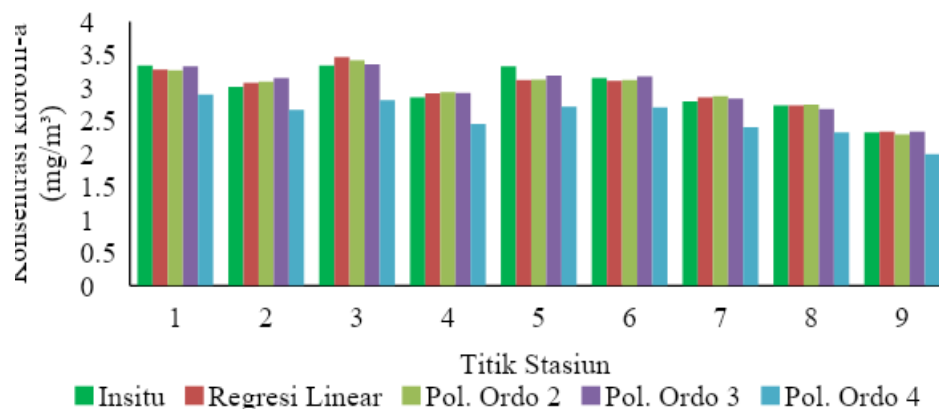
Pentury (1997) yaitu sebesar 0,1139. Dapat dikatakan untuk kedua nilai RMSE dari kedua algoritma ini berada dalam kategori sangat baik, akan tetapi nilai RMSE yang dihasilkan menggunakan Algoritma Wibowo *et al.* (1994) mempunyai lebih rendah dan akurat dibandingkan Algoritma Pentury (1997).

Pola sebaran pada konsentrasi klorofil-a data lapangan (*insitu*) dengan konsentrasi klorofil-a data citra Landsat-8 mempunyai tampilan visualisasi pola sebaran yang tidak terlalu jauh berbeda. Wilayah dalam hingga tengah muara didominasi dengan warna merah yang menunjukkan konsentrasi klorofil-a pada wilayah tersebut tinggi. Sedangkan wilayah luar muara didominasi dengan warna biru yang menunjukkan rendahnya konsentrasi klorofil-a pada wilayah ini. Pola distribusi pada klorofil-a data lapangan (*insitu*) dan pola distribusi klorofil-a berdasarkan citra Landsat-8 di musim peralihan 2 tahun 2022 disajikan pada Gambar 4.

Berdasarkan hasil pada Gambar 4, tingkat konsentrasi klorofil-a direpresentasikan dengan warna, di mana konsentrasi terendah ditunjukkan dengan warna biru, dan kandungan tertinggi ditunjukkan dengan warna merah. Hasil tersebut, dapat diamati bahwa kandungan klorofil-a yang tinggi terdapat di daerah dalam hingga tengah wilayah muara, sementara konsentrasi yang lebih rendah berada di wilayah luar muara menuju laut. Wilayah dalam hingga tengah muara didominasi dengan warna merah yang menunjukkan konsentrasi klorofil-a pada wilayah tersebut tinggi. Hal ini dapat disebabkan pada wilayah tersebut dapat masukan nutrisi dari daratan yang dibawa dari aliran sungai. Sedangkan wilayah luar muara didominasi dengan warna biru yang menunjukkan rendahnya konsentrasi klorofil-a pada wilayah ini. Hal ini dikarenakan jauhnya dari daratan sehingga kurangnya suplai nutrisi yang terdapat pada stasiun tersebut.



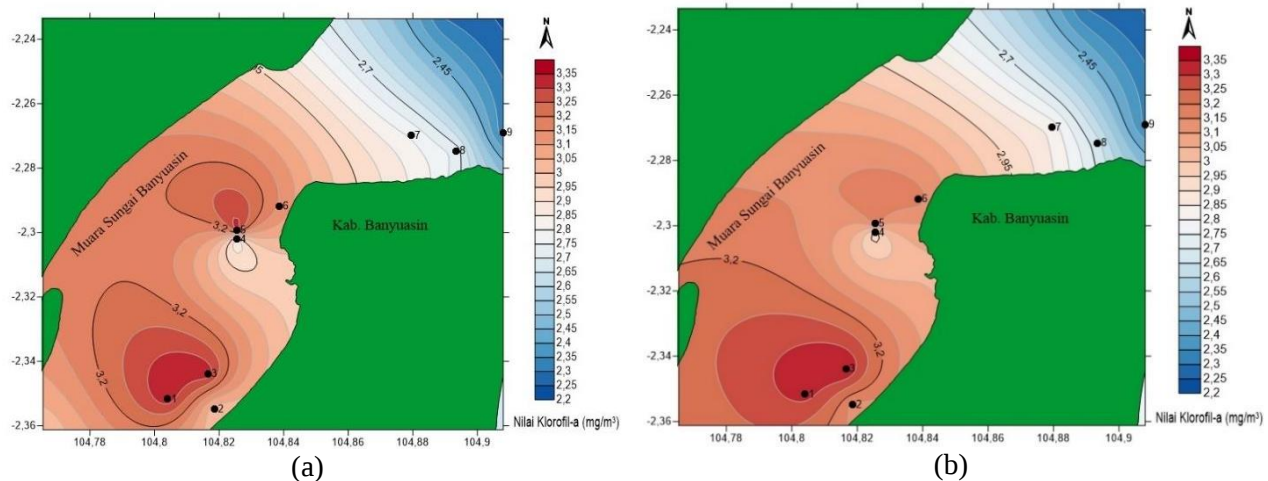
Gambar 2. Hasil Ekstraksi Algoritma (a) Wibowo *et al.* (1994) dan (b) Pentury (1997)



Gambar 3. Kesesuaian konsentrasi klorofil-a data lapangan (*insitu*) dengan hasil regresi Algoritma Wibowo *et al.* (1994).

Tabel 4. Nilai Uji Akurasi RMSE

Algoritma	RMSE
Wibowo <i>et al.</i> (1994)	0,0924
Pentury (1997)	0,1139

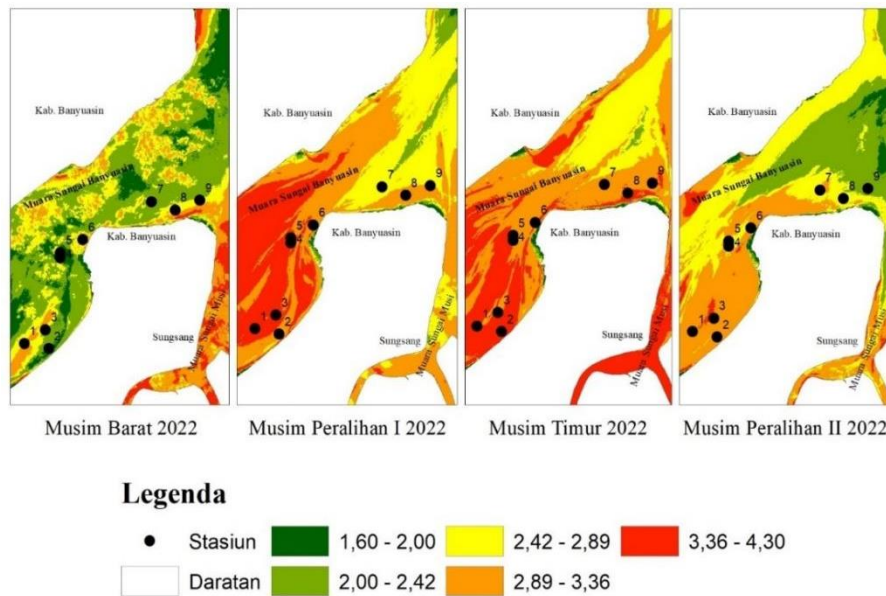
**Gambar 4.** Pola Sebaran konsentrasi klorofil-a di Muara Sungai Banyuasin Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan. (a) Lapangan (*insitu*); (b) Citra Landsat-8 Musim Peralihan II pada bulan Oktober dan November Tahun 2022.

Penelitian yang dilakukan oleh Sihombing *et al.* (2013) menyatakan bahwa tingkat konsentrasi klorofil-a dipengaruhi oleh faktor-faktor hidrologi perairan, seperti suhu, salinitas, pH, oksigen terlarut (DO), arus, nitrat, dan fosfat. Irawati (2014) menyatakan bahwa kandungan klorofil-a berfungsi sebagai indikator dalam menilai tingkat kesuburan suatu wilayah perairan, sehingga kandungan klorofil-a dapat dipakai sebagai salah satu parameter penting dalam menentukan tingkat kesuburan di perairan.

Pemetaan pola distribusi kandungan klorofil-a di Muara Sungai Banyuasin untuk setiap musim yang berbeda menggunakan persamaan regresi linear dari Algoritma Wibowo *et al.* (1994), yang telah terbukti sebagai algoritma dan regresi yang paling sesuai untuk menentukan kandungan klorofil-a di daerah penelitian. Model persamaan " $y = 1,4691x - 1,2669$ " digunakan untuk validasi, dengan " x " mewakili nilai citra yang dihasilkan oleh Algoritma Wibowo *et al.* (1994). Rumus hasil dari persamaan regresi linear ini kemudian diterapkan pada citra Landsat-8 untuk setiap musim yang berbeda. Berikut ini sebaran konsentrasi klorofil-a di Muara Sungai Banyuasin setiap musim Tahun 2022 pada musim barat (Januari), musim peralihan I (Mei), musim timur (Juni) dan musim peralihan II (November)

yang disajikan pada Gambar 5.

Musim timur menunjukkan nilai tertinggi dengan rata-rata kandungan klorofil-a mencapai $3,71 \text{ mg/m}^3$, sementara musim barat memiliki konsentrasi terendah dengan rata-rata sebesar $2,41 \text{ mg/m}^3$. Hal ini serupa dengan hasil penelitian Septianda *et al.* (2018) di perairan Teluk Jakarta, dimana hasil penelitian perbandingan pola sebaran klorofil-a tiap musim ini berbanding lurus dengan penelitian sebelumnya. Hasil mereka juga menunjukkan kecenderungan serupa, dimana pengolahan citra Landsat-8 secara temporal pada musim timur menghasilkan nilai tertinggi antara 0 hingga $0,8 \text{ mg/l}$, sedangkan musim barat memiliki nilai terendah antara 0 hingga $0,6 \text{ mg/l}$. Berbeda dengan hasil penelitian Sari *et al.* (2019) di perairan Kabupaten Batang bahwa konsentrasi klorofil-a tertinggi terjadi pada musim barat, dimana pada musim tersebut intensitas curah hujan meningkat yang banyak unsur nutrisi dari daratan melalui aliran sungai ke perairan laut. Musim peralihan I memiliki nilai rata-rata mencapai $3,52 \text{ mg/m}^3$, sementara pada musim peralihan II mencapai $3,13 \text{ mg/m}^3$. Meskipun terdapat perubahan nilai kandungan klorofil-a pada setiap musim tahun 2022, namun perbedaannya tidak terlalu signifikan.



Gambar 5. Peta Perbandingan Pola Sebaran Klorofil-a (mg/m^3) tiap Musim Tahun 2022. Musim Barat (Januari); Musim Peralihan I (Mei); Musim Timur (Juni); Musim Peralihan II (November)

Menurut penelitian yang dikutip dari Bohlen dan Bonyton (1996) bahwa kandungan klorofil-a pada muara dapat digunakan sebagai indikator status kesuburan perairan. Perairan dengan nilai klorofil-a kurang dari 1 mg/m^3 dapat dikategorikan sebagai muara yang kurang subur. Perairan dengan kandungan klorofil-a antara 1 hingga 15 mg/m^3 dapat dianggap sebagai muara dengan kategori kesuburan yang baik. Sementara itu, perairan yang memiliki konsentrasi klorofil-a dalam rentang 15 hingga 30 mg/m^3 dapat dikategorikan sebagai muara dengan tingkat kesuburan sedang. Perairan yang memiliki konsentrasi klorofil-a lebih dari 30 mg/m^3 dapat dianggap mengalami *eutrofikasi* atau tercemar.

Berdasarkan penjelasan di atas kandungan klorofil-a di Muara Sungai Banyuasin berdasarkan data *insitu* dikategorikan perairan yang subur karena nilai yang didapatkan berkisar antara $2,32$ – $3,33 \text{ mg/m}^3$. Sama hal nya berdasarkan data citra yang diolah pada musim barat, timur, peralihan I, dan peralihan II dikategorikan perairan yang subur.

KESIMPULAN

Pola distribusi kandungan klorofil-a di Muara Sungai Banyuasin antara data *insitu* dengan data citra tahun 2022 menunjukkan nilai yang tidak

jauh berbeda dengan menggunakan Algoritma Wibowo *et al.* (1994) yang memiliki RMSE terendah yaitu 0,0924. Adapun nilai yang didapatkan pada lapangan berkisar antara $2,22$ – $3,35 \text{ mg/m}^3$ dan data citra tahun 2022 memiliki nilai sebesar $1,68$ – $3,79 \text{ mg/m}^3$. Pola distribusi kandungan klorofil-a di Muara Sungai Banyuasin untuk setiap musim yang menggunakan persamaan regresi linear Algoritma Wibowo *et al.* (1994) didapatkan musim timur memiliki konsentrasi klorofil-a yang tertinggi dibandingkan dengan musim lainnya dengan kisaran $1,78$ – $4,35 \text{ mg/m}^3$ dan Kandungan klorofil-a pada musim barat, timur, peralihan I, dan peralihan II dikategorikan perairan yang subur.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Sriwijaya yang telah membantu pembiayaan penelitian melalui Hibah Skema Penelitian Sains, Teknologi dan Seni Tahun 2022 melalui anggaran DIPA Badan Layanan Umum No. SP DIPA-023.17.2.677515/2022.

DAFTAR PUSTAKA

Akhilak, M.A., Supriharyono. & Hartoko, A. 2015. Hubungan variable suhu permukaan laut, klorofil-a, dan hasil tangkapan ikan kapal purse seine yang didaratkan di TPI Bajomulyo

- Juwana, Pati. *Diponegoro Journal of Maquares*, 4(4): 128-135.
- Alqodri, G.R., Kunarso., & Muslim. 2022. Perbandingan Pola Distribusi Klorofil-A Data Insitu dan Citra Sentinel-3 Serta Keterkaitannya Dengan Kualitas Air di Perairan Muara Sungai Bodri, Kendal. *Indonesia Journal of Oceanography*, 4(3): 96-106.
- Amna, A.M., Maslukah, L., & Wulandari, S.Y. 2022. Distribusi Horizontal Klorofil-A dan Material Padatan Tersuspensi di Muara Bodri, Jawa Tengah. *Jurnal Kelautan Tropis*, 25(2): 232-240.
- Bohlen & Boynton. 1966. Chlorophyll in Mid Atlantic Estuaries. Chesapeake Bay Program. USEPA-MAIA: 10 pp. Boney, A. D., 1983. Phytoplankton. Studies in Biology no. 52. Edward Arnold (Publisher) Limited, London.
- Damayanti, N.M.D., Hendrawan, I.G., & Faiqoh, E. 2017. Distribusi Spasial Dan Struktur Komunitas Plankton Di Daerah Teluk Penerusan, Kabupatden Buleleng. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 3(2): 191-203.
- Hakanson, L. & Bryann, A.C. 2008. Eutrophication in the Baltic Sea Present Situation, Nutrien Transport Processes, Remedial Strategies. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 261 hlm
- Haryanto, Y.D., Hadiman., Agdialta, R., & Riama, N.F. 2021. Pengaruh El Niño Terhadap Pola Distribusi Klorofil-a dan Pola Arus di Wilayah Perairan Selatan Maluku. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(3): 364-374.
- Hutagalung, H., Dedy. & Riyono, H. 1997. Metode Analisis Air Laut, Sedimen dan Biota Buku ke-2. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi (LIPI). Jakarta.
- Irawati, N. 2014. Pendugaan Kesuburan Perairan Berdasarkan Sebaran Nutrien dan Klorofil-a di Teluk Kendari Sulawesi Tenggara. *Aquasains*, 3(1): 193-200.
- Lavigne H., Zande D.V., Ruddick K., Santos J.F.C.D., Gohin F., Brotas V. & Kratzer S. 2021. Quality-control tests for OC4, OC5 and NIR-red satellite chlorophyll-a algorithms applied to coastal waters. *Remote Sensing of Environment*, 255(1): 1-19.
- Marendy, F., Hartoni., & Isnaini. 2017. Analisis Pola Sebaran Konsentrasi Klorofil-A Menggunakan Citra Satelit Landsat Pada Musim Timur di Perairan Sekitar Muara Sungai Lumpur Kabupaten Oki Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal: Marine Science Research*, 9(1): 33-42.
- Muhammad, A., Marwoto., Kunarso., Maslukah, L., & Wulandari, S.Y. 2021. Sebaran Spasial dan Temporal Klorofil-a di Perairan Teluk Semarang. *Indonesia Journal of Oceanography*, 4(3): 39-47.
- Nugraheni, A.D., Zainuri, M., Wirasatriya, A., & Maslukah, L. 2022. Sebaran Klorofil-a secara Horizontal di Perairan Muara Sungai Jajar, Demak. *Buletin Oseanografi Marina*. 11(2): 221-230.
- Pentury, R. 1997. Algoritma pendugaan konsentrasi klorofil-a di Teluk Ambon dengan menggunakan citra Landsat [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Poddar S., Chacko, N. & Swain, D. 2019. Estimation of chlorophyll-a in northern coastal bay of Bengal using landsat-8 OLI and sentinel-2 MSI sensors. *Frontiers in Marine Science*, 6(598): 1–11. doi: 10.3389/fmars.2019.00598.
- Prasetyo, V.R., Lazuardi, H., Mulyono, A.A., & Lauw, C. 2021. Penerapan Aplikasi RapidMiner Untuk Prediksi Nilai Tukar Rupiah Terhadap US Dollar Dengan Metode Regresi Linier. *Jurnal Nasional Teknologi dan Sistem Informasi*, 7(1): 8-17.
- Sari, R.A.P., Jayanto, B.B., & Setyawan, H.A. 2019. Analisis Hubungan Konsentrasi Klorofil-A dan Suhu Permukaan Laut Terhadap Hasil Tangkapan Ikan Teri (*Stolephorus* Sp.) menggunakan Citra Satelit Aqua Modis Di Perairan Kabupaten Batang. *Journal of Fisheries Resources Utilization Management and Technology*, 8(3): 28-43.
- Septianda, F., Purwanti, F., & Ain, C. 2018. Sebaran Klorofil-A Secara Temporal Menggunakan Satelit Landsat 8 di Perairan Teluk Jakarta. *Management of Aquatic Resources Journal*, 6(4): 498-507.
- Sihombing, R.F., Aryawati, R., & Hartoni. 2013. Kandungan Klorofil-a Fitoplankton di Sekitar Perairan Desa Sungsang Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, 5(1): 34-39.
- Simanjuntak, J.T., Nuri, Y.T., Zainuddin, I., & Setiawan, A.M. 2017. Variabilitas musiman distribusi suhu permukaan laut, angin permukaan, dan klorofil-a di Laut Banda periode tahun 2006-2015, Seminar Nasional Penginderaan Jauh ke-4.

- Smith V.H. 1999. Cultural eutrophication of inland, estuarine and coastal waters. In: Pace, M. L. And P.M. Groffman (eds.). *Successes, Limitation and Frontiers in Ecosystem Science*. Springer-Verlag, New York, New York, 7–49.
- Strickland, J.D.H., & Parsons, T.R. 1968. Determination of dissolved oxygen. In: Stevenson, J.C., Billingsley, L.W., Wigmore, R.H., Mac intyre, R.L., Glassford, M., Skulski, M. (Eds). *A practical Handbook of Seawater Analysis. Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. p.21-26.
- Suryono. 2018. Analisis Regresi untuk Penelitian. Yogyakarta : Deppublish. Hal 5, 24-25.
- Tyas, R. 2017. Fitoplankton Di Perairan Areal Pertambangan Nikel Buli Halmahera Timur. *Saintifika*, 1(1): 32-36.
- Wibowo, A., Sumartono, B. & Setyantini, W.H. 1994. The application of satellite data improvement site selection and monitoring shrimp pond culture case study on Cirebon, Lampung, Jambi, and Jepara Coasts. In *Remote Sensing and Geographic Information System*. BPPT. Jakarta.
- Zuhri Z. 2020. Analisis Regresi Linier dan Korelasi menggunakan Pemrograman Visual Basic. *Jurnal Ilman: Jurnal Ilmu Manajemen*, 8(2): 42-50.
- Zulhaniarta, D., Fauziyah, F., & Purwiyanto, A.I. 2014. Sebaran konsentrasi klorofil-a terhadap nutrien di Muara Sungai Banyuasin Kabupaten Banyuasin Provinsi Sumatera Selatan. *Jurnal Maspari*, 7(1): 9-20.