

## Uji Akurasi Interpolasi *IDW*, *Kriging* dan Analisis Fluktuasi Klorofil-a di Wilayah Laut Kabupaten Kayong Utara

### *Interpolation Accuracy Test, IDW, Kriging and Analysis Fluctuation of Chlorophyll-a in Marine Area of Kayong Utara Regency*

Robin Saputra<sup>1\*</sup>, Ester Restiana Endang Gelis<sup>2</sup>, Esty Kurniawati<sup>3</sup>, Rizki Dimas Permana<sup>4</sup>, Mulkan Nuzapril<sup>5</sup>, An Nisa Nurul Suci<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas IPA dan Kelautan, Universitas OSO, Pontianak

<sup>2</sup>Program Studi Pemanfaatan Sumberdaya Perikanan, Fakultas Peternakan, Universitas Jambi, Jambi

<sup>3</sup>Jurusan Ilmu Kelautan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Maritim Raja Ali Haji, Tanjungpinang

<sup>4</sup>Program Studi Sains Lingkungan Kelautan, Fakultas Sains, Institut Teknologi Sumatera, Lampung

<sup>5</sup>Program Studi Perikanan Tangkap, Politeknik Negeri Lampung, Lampung

<sup>6</sup>Program Studi Ilmu Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu, Bengkulu

\*Korespondensi : robinsaputra@oso.ac.id

#### Abstrak

Data spasial dapat diproses menggunakan berbagai teknik interpolasi, namun setiap teknik akan menghasilkan output yang berbeda. Pemilihan metode yang digunakan akan berdampak pada hasil akhir yang diperoleh. Klorofil-a berperan penting dalam menentukan tingkat produktivitas primer di perairan. Kesuburan suatu perairan dapat diukur melalui tingkat produktivitas primer yang dihasilkan. Penelitian ini dilaksanakan di Kabupaten Kayong Utara menggunakan data klorofil-a dari citra Aqua Modis. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan teknik Interpolasi IDW & Kriging guna menentukan teknik yang paling mendekati nilai klorofil-a yang sebenarnya, serta untuk mengidentifikasi tingkat kesuburan perairan laut di wilayah tersebut berdasarkan konsentrasi klorofil-a. Data citra Aqua Modis diolah menggunakan perangkat lunak SeaDAS dan diinterpolasi menggunakan ArcGIS. Berdasarkan uji akurasi dengan RMSE, metode Kriging menunjukkan hasil yang lebih akurat dibandingkan metode IDW, dengan nilai RMSE masing-masing sebesar 3,889607 dan 3,900089. Konsentrasi klorofil-a terendah pada kedua metode tercatat sebesar 0,32 mg/m<sup>3</sup>, sedangkan yang tertinggi mencapai 83,22 mg/m<sup>3</sup>, dengan nilai rata-rata 4,08 mg/m<sup>3</sup>. Distribusi klorofil-a di perairan Kayong Utara menunjukkan konsentrasi tertinggi di wilayah pesisir yang semakin menurun ke arah laut lepas. Distribusi bulanan mengindikasikan bahwa konsentrasi nilai klorofil-a mencapai puncaknya tertinggi pada bulan September, dengan nilai 8,16 mg/m<sup>3</sup>, sementara konsentrasi terendah tercatat pada bulan Oktober, yaitu sebesar 2,04 mg/m<sup>3</sup>.

**Kata Kunci:** IDW, Kriging, Klorofil-A, Interpolasi

#### Abstract

*Spatial data can be processed using various interpolation techniques; however, each technique will yield different outputs. The choice of method used will impact the final results obtained. Chlorophyll-a plays a crucial role in determining the level of primary productivity in aquatic environments. The fertility of a water body can be measured by the level of primary productivity it produces. This research was conducted in Kayong Utara Regency using chlorophyll-a data from Aqua Modis imagery. The objective of this study is to compare the IDW (Inverse Distance Weighting) and Kriging interpolation methods to determine which method most closely approximates the actual chlorophyll-a values and to identify the fertility level of marine waters in the region based on chlorophyll-a concentration. Aqua Modis imagery data was processed using SeaDAS software and interpolated using ArcGIS. Based on accuracy testing with RMSE, the Kriging method demonstrated more accurate results compared to the IDW method, with RMSE values of 3.889607 and 3.900089, respectively. The lowest chlorophyll-a concentration recorded for both methods was 0.32 mg/m<sup>3</sup>, while the highest reached 83.22 mg/m<sup>3</sup>, with an average value of 4.08 mg/m<sup>3</sup>. The distribution of chlorophyll-a in Kayong Utara waters shows the highest concentration in coastal areas, gradually decreasing towards the open sea. Monthly distribution indicates that chlorophyll-a concentration peaked in September at 8.16 mg/m<sup>3</sup>, while the lowest concentration was recorded in October at 2.04 mg/m<sup>3</sup>.*

**Keywords:** IDW, Kriging, Chlorophyll-A, Interpolation

## PENDAHULUAN

Interpolasi merupakan salah satu teknik dalam pengolahan data spasial yang diterapkan dalam Sistem Informasi Geografis (SIG). Sistem Informasi Geografis (SIG) memiliki peranan yang krusial dalam berbagai aktivitas yang berkaitan dengan analisis spasial dan informasi geografis. Kemampuannya dalam menyediakan pemahaman yang komprehensif dan mendetail tentang isu-isu yang berkaitan dengan ruang di permukaan bumi menjadikannya alat yang sangat berharga. Pengolahan data spasial umumnya memerlukan informasi dari area yang sedang diteliti, yang diperoleh melalui akuisisi data satelit. Salah satu contoh data spasial yang dapat diolah menggunakan teknik interpolasi yaitu Klorofil-a.

Interpolasi sendiri adalah metode matematis yang digunakan untuk memperkirakan nilai di wilayah yang tidak memiliki data. Interpolasi spasial berlandaskan pada anggapan bahwa atribut data memiliki kontinuitas dalam ruang dan saling terhubung secara spasial (Anderson, 2001). Pada teknik pemetaan, interpolasi berfungsi untuk memperkirakan nilai-nilai di daerah yang belum diambil sampelnya atau diketahui, yang pada gilirannya menghasilkan peta atau distribusi nilai yang mencakup seluruh area (Gamma Design Software, 2005). Berbagai teknik interpolasi dapat menghasilkan hasil yang bervariasi (Pramono, 2008). Oleh karena itu, penting untuk memilih teknik yang sesuai agar hasil yang diperoleh lebih akurat dan mendekati nilai Klorofil-a dari data pengujian.

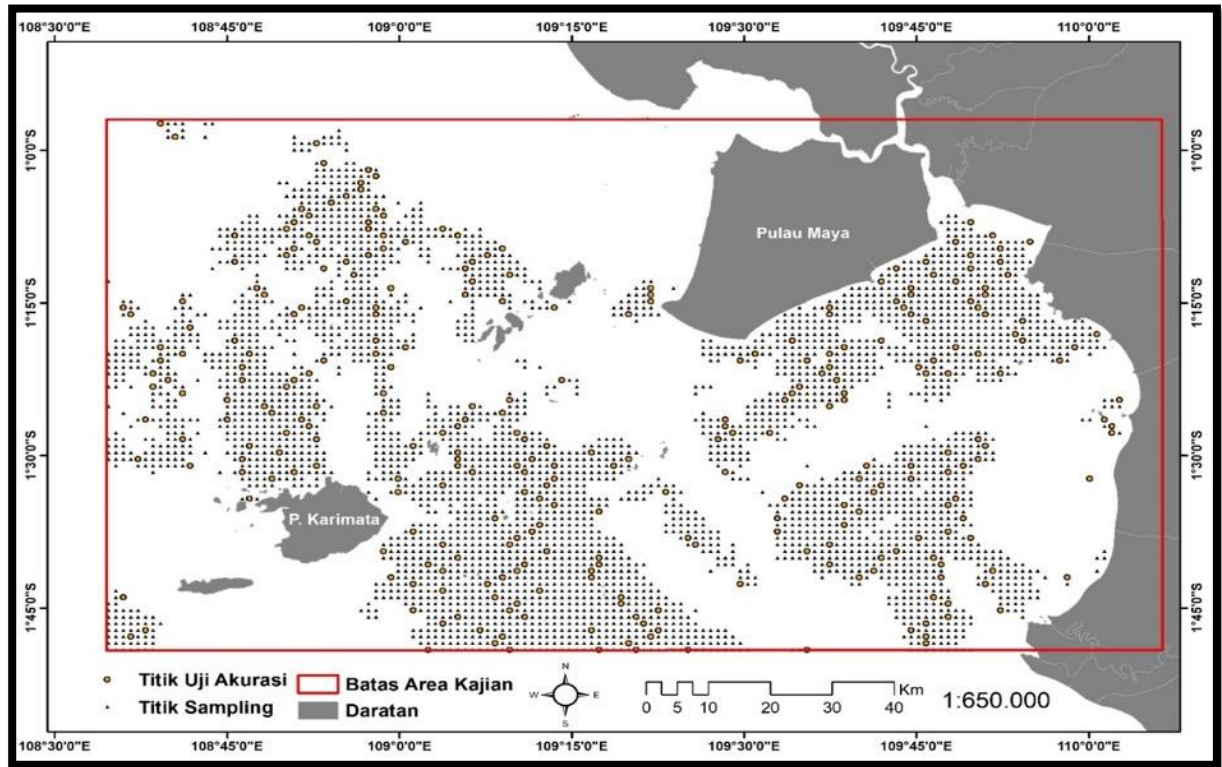
Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh estimasi data yang paling mendekati hasil uji dari citra satelit Aqua Modis. Perbandingan antara metode interpolasi IDW dan kriging oleh BIG telah dilakukan dalam penelitian sebelumnya dengan fokus pada akurasi interpolasi sebaran sedimen tersuspensi, di mana teknik interpolasi IDW mendapatkan hasil yang baik jika dibandingkan interpolasi kriging. Pramono (2005) juga menjelaskan perbandingan metode interpolasi trend dan spline, sementara dalam penelitian lainnya (Pramono, 2008), Teknik IDW terbukti lebih efektif jika dibandingkan dengan kriging dalam proses interpolasi sedimen yang tersuspensi.

Klorofil-a merupakan pigmen penting dalam fitoplankton yang berfungsi dalam proses fotosintesis. Fungsi vital ini menjadikan klorofil-a sebagai salah satu indikator utama yang memengaruhi tingkat produktivitas primer di ekosistem perairan (Susilo, 2000). Produktivitas primer ini berkaitan erat dengan kelimpahan fitoplankton, di mana semakin tinggi kelimpahannya, maka produktivitas primer perairan tersebut cenderung meningkat.

Salah satu teknik untuk mendapatkan data mengenai nilai distribusi klorofil-a di perairan laut yaitu dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Metode ini memungkinkan pemetaan sebaran biomassa fitoplankton dalam satuan klorofil ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ). Penggunaan satelit dalam penginderaan klorofil-a memiliki keuntungan besar karena memungkinkan pemantauan wilayah yang luas secara simultan (Riandy, 2013). Salah satu satelit yang mampu mendeteksi konsentrasi klorofil-a di lautan adalah satelit Aqua, yang dilengkapi dengan sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS).

## METODE

Penelitian ini dilakukan di wilayah perairan Kabupaten Kayong Utara. Pengumpulan data dilakukan pada bulan Agustus, sementara data dari satelit Aqua MODIS yang digunakan mencakup periode dari Januari hingga Desember 2022. Sebanyak 3.568 titik digunakan untuk pengambilan sampel dalam proses interpolasi, dan 300 titik tambahan dipakai sebagai data uji akurasi guna membandingkan hasil dari masing-masing metode interpolasi. Pengolahan data dilakukan pada bulan Agustus 2023 di Laboratorium Komputer Universitas OSO. Peta penelitian ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah seperangkat komputer, software ArcGis 10.1 dan *SeaDAS*. Bahan yang digunakan yaitu data klorofil-a perairan Kabupaten Kayong Utara di akuisisi citra satelit Aqua Modis pada tahun 2022 dari bulan januari sampai desember. Data klorofil-a diambil dari estimasi citra satelit Aqua MODIS Level 3 yang diunduh dari situs web *National Aeronautics and Space Administration (NASA) Goddard Space Flight Center* di <http://www.oceancolor.gsfc.nasa.gov>. Data ini digunakan sebagai dasar untuk proses interpolasi serta sebagai data pengujian.

Satelit yang datanya digunakan di penelitian ini dalam bentuk format *.nc*. Data yang dipilih berupa konsentrasi klorofil-a dari citra satelit MODIS level-3, dengan resolusi spasial 1 km dan cakupan bulanan. Data ini telah melalui proses koreksi geometrik dan radiometrik yang dilakukan oleh *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)*. Ekstraksi nilai sebaran klorofil-a di analisis menggunakan algoritma Ocean Chlorophyll 3 band (OC3M), yang merupakan algoritma standar untuk pengolahan data satelit Aqua MODIS untuk memperoleh informasi global mengenai klorofil-a di perairan. Persamaan algoritma OC3M adalah sebagai berikut:

$$Ca = 10^{0,283-2,753R+1,457R^2+0,659R^3-1,403R^4}$$

$$R = \log_{10}\left(\frac{Rrs(443)}{Rrs(550)}\right) > \frac{Rrs(490)}{Rrs(550)}$$

Keterangan:

$Ca$  = konsentrasi klorofil-a ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )

$R$  = Rasio reflektansi

$Rrs$  = Reflektansi Penginderaan Jauh

Algoritma yang dijelaskan menggunakan rasio tertinggi dari reflektansi pada panjang gelombang 443 nm - 490 nm dibandingkan dengan 550 nm untuk menghitung nilai klorofil-a. Citra yang dihasilkan kemudian diekstrak menggunakan perangkat lunak *SeaDAS*. Selanjutnya, data tersebut disortir dengan menggunakan *Microsoft Excel* dan disimpan dalam format *(.txt)*. Selanjutnya dilakukan interpolasi untuk melihat klorofil-a secara spasial, proses interpolasi perlu

dilakukan untuk mendapatkan nilai pada area kosong (piksel kosong) yang tidak terekam akibat adanya gangguan awan.

Setiap metode interpolasi memiliki pendekatan statistik yang khas untuk memperkirakan nilai-nilai di sekeliling data sampel. Berikut adalah analisis statistik untuk masing-masing teknik interpolasi. Teknik *Inverse Distance Weighting* (IDW) merupakan teknik interpolasi tradisional yang memanfaatkan jarak sebagai bobot. Jarak yang dimaksud di sini adalah jarak horizontal antara titik data (sampel) dan area yang akan diestimasi. Dengan kata lain, semakin dekat posisi titik sampel dengan area yang diestimasi, semakin besar bobot yang diberikan, dan sebaliknya.

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^S Z_i \frac{1}{d_i^k}}{\sum_{i=1}^S \frac{1}{d_i^k}}$$

Keterangan:

$Z_0$  = mewakili nilai yang diperkirakan pada titik 0

$Z_i$  = adalah nilai z yang diukur pada titik kontrol ke-i

$d_i$  = menunjukkan jarak antara titik-i dan titik 0

k = adalah sebuah konstanta

S = merujuk pada total titik S yang digunakan dalam perhitungan

Kriging merupakan salah satu teknik interpolasi umum yang diterapkan dalam analisis data geostatistik, yang memanfaatkan informasi dari sampel yang diambil dari titik-titik yang tidak beraturan. Tujuan dari teknik ini adalah untuk memperkirakan nilai variabel regional  $\hat{Z}$  pada lokasi yang belum memiliki sampel, dengan memanfaatkan data dari titik-titik  $\hat{Z}_i$  yang ada di sekitarnya, sambil memperhatikan adanya korelasi spasial dalam data tersebut. Variabel  $Z(s)$  didefinisikan sebagai variabel acak pada titik  $S, i=1,2,3,\dots,n$ . Estimator *kriging*  $\hat{Z}(s)$  untuk  $Z(s)$  dengan bobot  $\lambda_i$  dapat ditulis sebagai berikut:

$$\hat{Z}(s) - m(s) = \sum_{i=1}^n \lambda_i [Z(S_i) - m(S_i)]$$

Keterangan:

S = lokasi untuk melakukan estimasi

$S_i$  = salah satu lokasi data yang terdekat

$m(s)$  = nilai ekspektasi dari  $Z(s)$

$m(S_i)$  = nilai ekspektasi dari  $Z(S_i)$

$\lambda_i$  = bobot yang mengatur jarak antar titik

n = jumlah sampel data yang digunakan untuk estimasi

Apabila terdapat kesalahan estimator  $\hat{e}(s)$  pada setiap lokasi  $Z(s)$ , maka selisih antara nilai estimasi  $\hat{Z}(s)$  dan nilai  $Z(s)$  didefinisikan sebagai berikut:

$$\hat{e}(s) = \hat{Z}(s) - Z(s)$$

Menghitung nilai minimum, nilai maksimum, nilai rata-rata, dan RMSE dari hasil prediksi interpolasi IDW dan Spline terhadap data titik uji.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n [(y_k) - (o_k)]^2}$$

dimana:

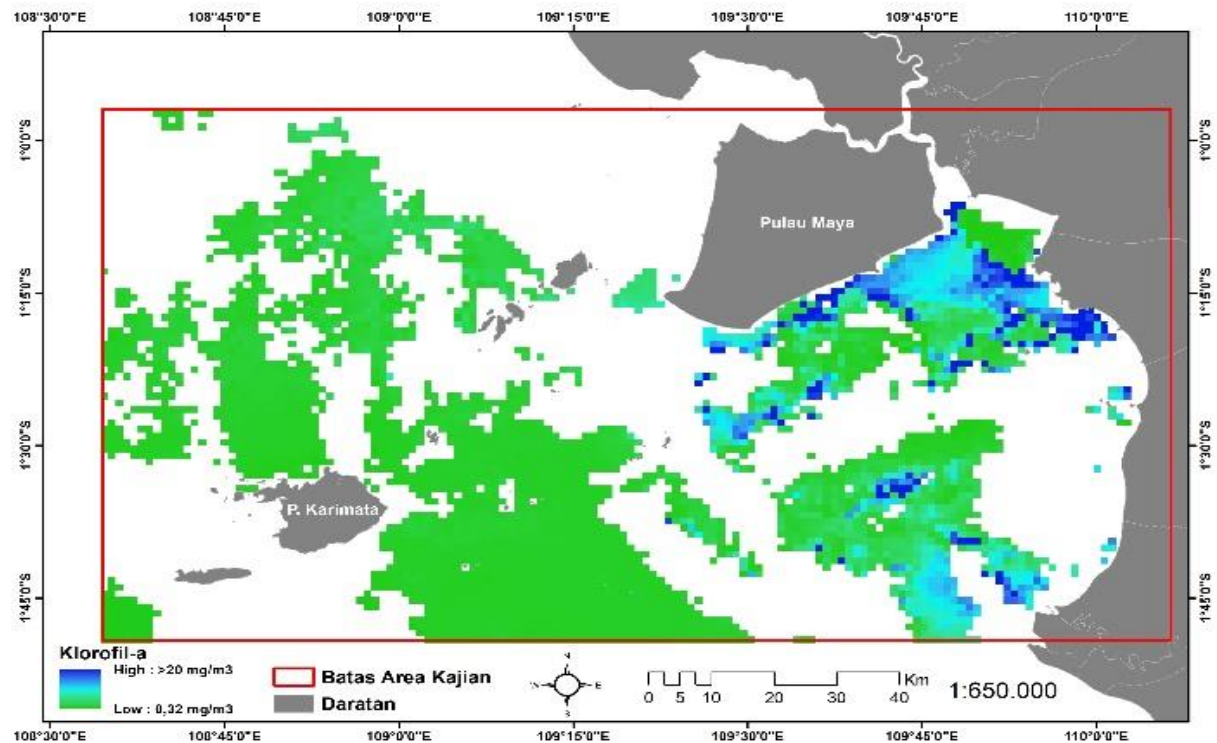
$(y_k)$  = nilai yang diamati (observasi) pada lokasi k

$(o_k)$  = nilai hasil prediksi pada lokasi k

n = jumlah pasangan nilai yang diobservasi dan diprediksi.

**PEMBAHASAN****Klorofil-A Berdasarkan Citra Satelit Aqua Modis**

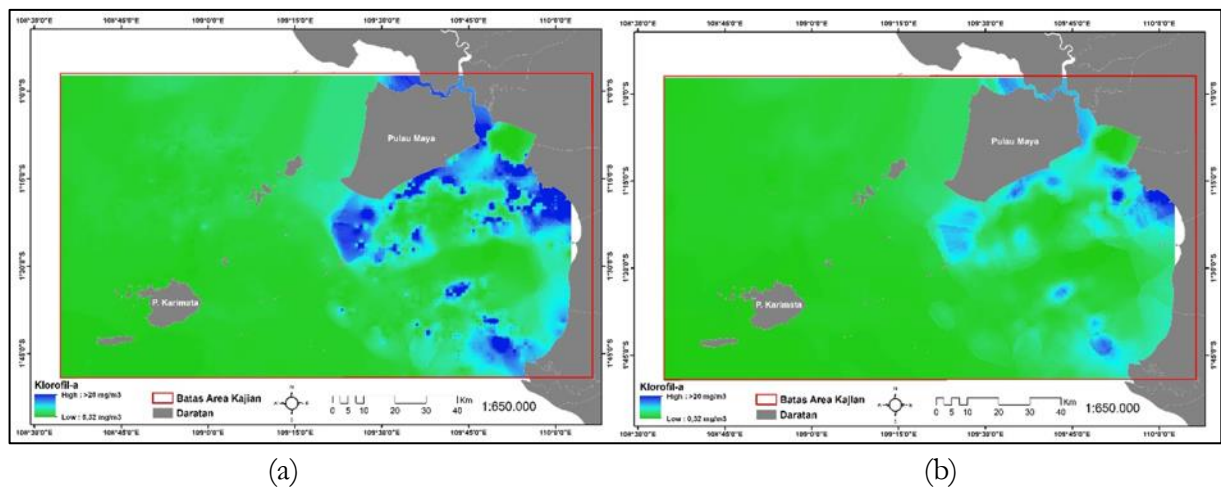
Sebaran konsentrasi klorofil-a yang diekstrak dari citra satelit Aqua MODIS hasil perekaman bulan Desember tahun 2022 menghasilkan nilai konsentrasi klorofil-a di perairan Kayong Utara berkisar antara 0,32 – 83,22 mg/m<sup>3</sup> dengan nilai klorofil-a rata-rata sebesar 4,08 mg/m<sup>3</sup>. Citra satelit menunjukkan beberapa area kosong (ditandai dengan warna putih), yang mengindikasikan bahwa nilai sebaran klorofil-a tidak terdeteksi di lokasi tersebut. Ketidakterdeteksian ini terjadi akibat gangguan awan yang mempengaruhi citra dari satelit Aqua MODIS. Pengukuran konsentrasi klorofil-a di Perairan Kayong Utara yang menggunakan data dari Aqua MODIS dapat dilihat pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Peta Sebaran Klorofil-a di Area Kajian

**Perbandingan Hasil Interpolasi IDW dan Kriging**

Metode interpolasi permukaan yang dikenal sebagai IDW (*Inverse Distance Weighting*) memanfaatkan titik input, yang bisa berupa pusat plot yang tersebar secara acak maupun teratur. Metode ini memperkirakan nilai atribut di lokasi yang tidak terambil sampelnya dengan menggunakan kombinasi linier dari nilai-nilai sampel yang ada, yang kemudian dibobot berdasarkan fungsi invers jarak antar titik (Hayati, 2012). Interpolasi kriging termasuk dalam kategori interpolasi stokastik. Interpolasi stokastik memberikan evaluasi kesalahan pada nilai prediksi dan menganggap bahwa kesalahan bersifat acak. Metode kriging adalah bentuk estimasi stokastik yang mirip dengan metode IDW, karena menggunakan kombinasi linier dari bobot untuk memperkirakan nilai di antara titik data yang ada. Metode ini dikembangkan oleh D.L. Krige untuk memperkirakan nilai sumber daya mineral. Model ini berasumsi bahwa jarak dan orientasi antara titik data memiliki korelasi spasial. Hasil dari interpolasi menggunakan metode IDW dan Kriging dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Peta Sebaran Klorofil-a berdasarkan interpolasi (a) IDW (b) Kriging

Berdasarkan Gambar 3 hasil interpolasi IDW dan Kriging, klorofil-a berkisar antara 0,32 – 83,22 mg/m<sup>3</sup>. Konsentrasi klorofil-a di sisi timur perairan Kayong Utara, yang berdekatan dengan pantai, menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lainnya. Hasil interpolasi menggunakan metode IDW dan Kriging kemudian diuji akurasinya dengan metode RMSE (Root Mean Square Error), menghasilkan nilai sebesar 3,900089 untuk IDW dan 3,889607 untuk Kriging. Nilai-nilai ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua metode tersebut. Kedua metode dapat menggambarkan dan mengestimasi sebaran klorofil-a dengan cukup baik, tetapi dapat kita simpulkan bahwa metode interpolasi Kriging lebih baik untuk mengestimasi nilai konsentrasi klorofil-a di area kajian dan mendekati nilai sebenarnya berdasarkan hasil error yang di dapat dari nilai RMSE. Semakin kecil nilai RMSE berarti model tersebut memiliki error yang rendah dan mendekati kondisi sebenarnya.

**Variabilitas Konsentrasi Klorofil-a**

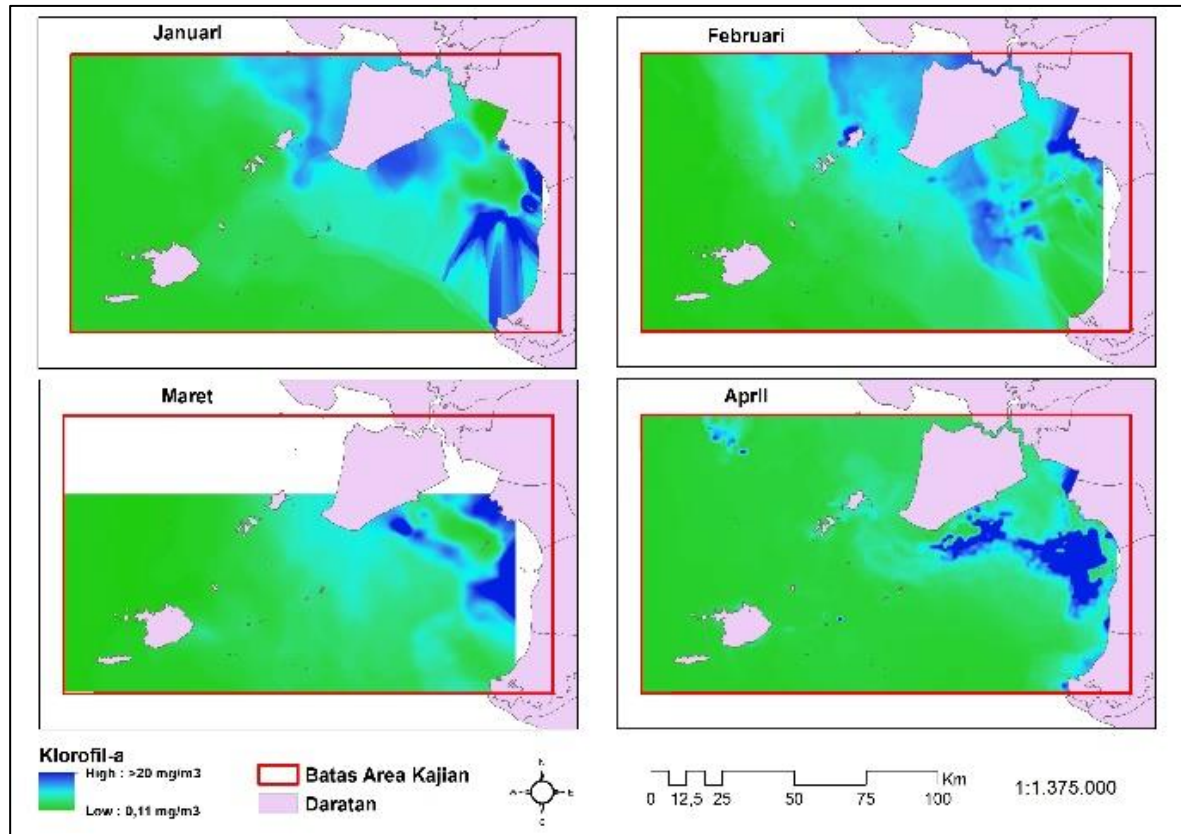
Pemetaan distribusi konsentrasi klorofil-a yang diperoleh dari citra satelit Aqua MODIS selama tahun 2022, dari Januari hingga Desember, menunjukkan bahwa nilai konsentrasi klorofil-a di perairan Kalimantan Barat berkisar antara 0,01 hingga 86,35 mg/m<sup>3</sup>, dengan rata-rata sebesar 3,72 mg/m<sup>3</sup> dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Konsentrasi klorofil-a bulanan tahun 2022

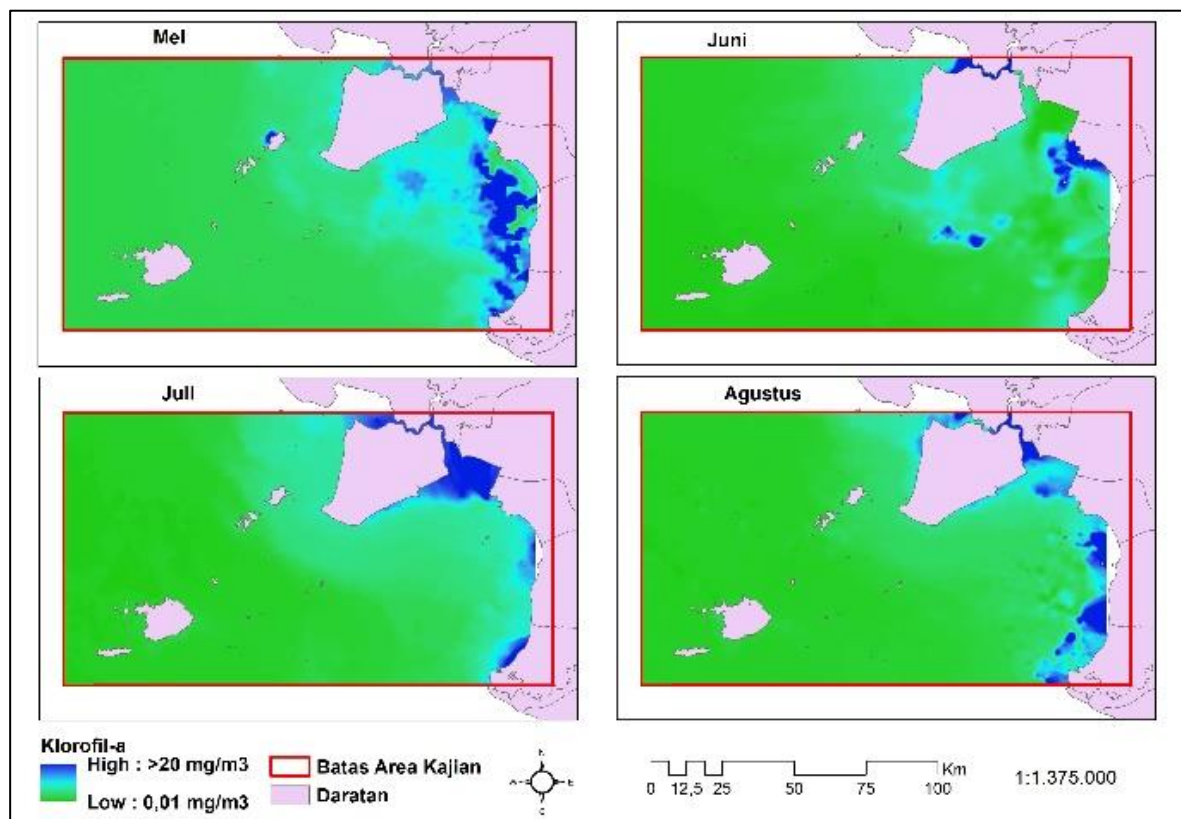
No	Bulan	Nilai Minimal (mg/m <sup>3</sup> )	Nilai Maksimal (mg/m <sup>3</sup> )	Rata-rata (mg/m <sup>3</sup> )
1	Januari	0,11	55,53	2,60
2	Februari	0,38	22,38	3,08
3	Maret	0,19	63,52	2,23
4	April	0,28	86,35	6,82
5	Mei	0,23	83,49	4,59
6	Juni	0,01	75,69	2,98
7	Juli	0,42	24,79	2,09
8	Agustus	0,35	55,50	2,91
9	September	0,20	83,42	8,16
10	Oktober	0,18	21,43	2,04
11	November	0,21	81,21	3,13
12	Desember	0,32	83,22	4,08
Rata-rata				3,72

Data bulanan klorofil-a sepanjang tahun 2022 mengindikasikan bahwa daerah di sebelah timur perairan Kayong Utara, yang berdekatan dengan pesisir, memiliki konsentrasi klorofil-a yang

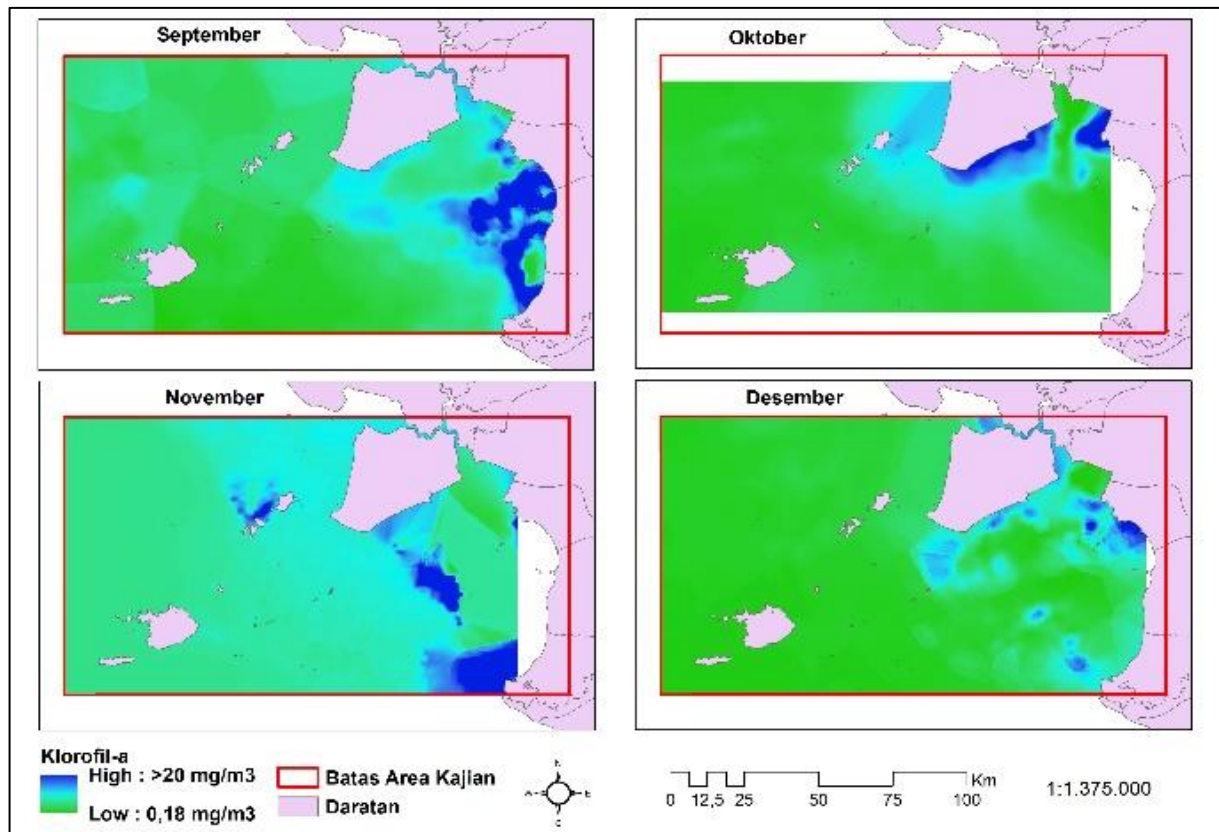
lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah lain. Hasil dari proses interpolasi konsentrasi klorofil-a yang dilakukan dengan metode Kriging, berdasarkan data bulanan dari Aqua MODIS di perairan Kayong Utara, ditampilkan pada Gambar 4, 5, dan 6.



Gambar 4 Peta Sebaran Klorofil-a bulan Januari, Februari, Maret dan April



Gambar 5 Peta Sebaran Klorofil-a bulan Mei, Juni, Juli dan Agustus



**Gambar 6** Peta Sebaran Klorofil-a bulan September, Oktober, November dan Desember

Hasil pengolahan data citra satelit Aqua MODIS yang ditampilkan pada Gambar 4, 5, dan 6 menunjukkan distribusi konsentrasi klorofil-a di perairan Kayong Utara. Distribusi ini sesuai dengan kriteria status trofik perairan pesisir yang ditentukan berdasarkan konsentrasi klorofil-a menurut Vollenweider *et al.* (1998)., menunjukkan bahwa sebagian besar wilayah perairan pesisir Kayong Utara masuk dalam kategori hipereutrofik, yaitu kandungan klorofil-a lebih dari 5 mg/m<sup>3</sup>. Sementara itu, sebagian kecil wilayah termasuk dalam kategori mesotrofik dan eutrofik dengan konsentrasi klorofil-a di bawah 5 mg/m<sup>3</sup>.

Distribusi klorofil-a di perairan Kayong Utara menunjukkan perbedaan antara perairan pesisir dan lepas pantai, di mana konsentrasi klorofil-a di wilayah pesisir cenderung lebih tinggi. Fenomena ini kemungkinan disebabkan oleh melimpahnya nutrien yang berasal dari daratan, terutama aliran Sungai Kapuas. Riset yang dilakukan Nazula *et al.* (2019) juga menemukan data hasil yang serupa, di mana distribusi klorofil-a di Teluk Jakarta menunjukkan nilai variasi konsentrasi. Di area yang paling dekat dengan pantai, konsentrasinya berkisar antara 2,5–34 mg/m<sup>3</sup>, di perairan lepas pantai antara 2,5–10 mg/m<sup>3</sup>, dan semakin berkurang menuju lautan terbuka, berkisar antara 1–2,1 mg/m<sup>3</sup>. Berbagai faktor, seperti curah hujan yang tinggi dan akumulasi zat hara dari sungai, berperan dalam menciptakan perbedaan ini. Hal tersebut dapat mendorong proses fotosintesis melebihi rata-rata dan meningkatkan risiko yang mengakibatkan ledakan alga serta eutrofikasi.

## KESIMPULAN DAN SARAN

1. Setelah melakukan uji akurasi, metode Kriging menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan teknik interpolasi IDW, dengan nilai RMSE masing-masing sebesar 3,889607 dan 3,900089. Konsentrasi klorofil-a terendah pada kedua metode tercatat sebesar 0,32 mg/m<sup>3</sup>, sedangkan yang tertinggi mencapai 83,22 mg/m<sup>3</sup>, dengan rata-rata nilai sebesar 4,08 mg/m<sup>3</sup>.
2. Distribusi klorofil-a di perairan Kayong Utara menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi terletak di kawasan pesisir, yang semakin menurun ke arah perairan lepas pantai. Selain itu,



analisis sebaran bulanan klorofil-a menunjukkan bahwa konsentrasi tertinggi terjadi pada bulan September, mencapai 8,16 mg/m<sup>3</sup>, sementara konsentrasi terendah tercatat pada bulan Oktober dengan nilai 2,04 mg/m<sup>3</sup>. Perhitungan ini merupakan hasil rata-rata disetiap bulannya.

Riset ini kedepan dapat ditingkatkan menggunakan citra resolusi tinggi dan validasi data lapangan untuk mencapai akurasi yang lebih baik, sehingga dapat dimanfaatkan untuk estimasi potensi daerah penangkapan ikan di masa mendatang.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan Terima Kasih Kepada LPPM Universitas OSO atas bantuan dana untuk penelitian ini yang di laksanakan pada tahun 2023

### DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, S. (2001). *An evaluation of spatial interpolation methods on air temperature in Phoenix, AZ* [Paper]. Department of Geography, Arizona State University Tempe.
- Aronoff, S. (2005). *Remote sensing for GIS managers*. ESRI Press.
- Alfiana, A. N. (2010). *Metode ordinary kriging pada geostatistika* [Skripsi, Universitas Negeri Yogyakarta]. Yogyakarta, ID.
- Bohling, G. (2005). *Kriging* [Internet]. <http://people.ku.edu/~gbohling> (diakses 14 Juli 2023).
- Baros, M., & Stojanovic, S. (2015). *Geographic information system (GIS) in mapping of mine suspected area in the Republic of Srpska*. Republic Administration of Geodetic and Property Affairs, Bosnia and Herzegovina.
- Childs, C. (2004). *Interpolating surfaces in ArcGIS Spatial Analyst*. ESRI Education Services.
- Faudzan, A., Suryani, S., & Budiawati, T. (2015). Perbandingan metode inverse distance weighted (IDW) dengan metode ordinary kriging untuk estimasi sebaran polusi udara di Bandung. *e-Proceeding of Engineering*, 2(2), 6726. ISSN: 2355-9365.
- Gamma Design Software. (2005). *Interpolation in GS+* [Internet]. <http://www.geostatistics.com/OverviewInterpolation.html> (diakses 14 April 2023).
- Garnero, G., & Godone, G. (2013). *Comparisons between different interpolation techniques*. Torino, Italia.
- Indrabayu, I., Kurniadi, H., Aprilia, E., Utomo, J. B., Kurniawan, A., & Safril, A. (2011). Prediksi curah hujan di wilayah Makasar menggunakan metode wavelet-neural network. *Jurnal Ilmiah "Elektrikal Enjiniring" UNHAS*, 9(2), Agustus.
- Kurniadi, H., Aprilia, E., Utomo, J. B., Kurniawan, A., & Safril, A. (2018). Perbandingan metode IDW dan spline dalam interpolasi data curah hujan (Studi kasus curah hujan bulanan di Jawa Timur periode 2012-2016). *Seminar Nasional GEOTIK 2018*. ISSN: 2580-8796.
- Nybakken, J. W. (1992). *Biologi laut: Suatu pendekatan ekologis* (H. M. Eidman, Koesoebiono, D. G. Bengen, M. Hutomo, & S. Sukardjo, Trans.). Jakarta: Gramedia.
- Naidu, D. S. (2017). *Concept of geographic information system for a geoinformatics engineer*. Andhra University.
- O'Reilly, J. E., Maritorena, S., Mitchell, B. G., Siegel, D. A., Carder, K. L., Garver, S. A., Kahru, M., & McClain, C. (1998). Ocean color chlorophyll algorithms for SeaWiFS. *Journal of Geophysical Research*, 103(11), 24937–24953.
- Pramono, G. (2005). Perbandingan metode trend dan spline untuk interpolasi sebaran sedimen tersuspensi di Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. *Jlilmiah Geomatika*, 11(1), 20–32.
- Pramono, G. (2008). Akurasi metode IDW dan kriging untuk interpolasi sebaran sedimen tersuspensi di Maros, Sulawesi Selatan. *J Forum Geografi*, 22(1), 145–158.
- Pasaribu, J. M., & Haryani, N. S. (2012). Perbandingan teknik interpolasi DEM SRTM dengan metode inverse distance weighted (IDW), natural neighbor, dan spline. *Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh, LAPAN*, 9(2), 126–139.
- Riandy, M. (2013). Sebaran spasial konsentrasi klorofil-a di perairan Lombok dari data citra Aqua MODIS selama lima tahun (2008-2012) [Skripsi, Institut Pertanian Bogor]. Bogor, ID.
- Susilo, S. B. (2000). *Penginderaan jauh terapan*. Bogor, ID: Institut Pertanian Bogor.