

Perbandingan Pola Distribusi Klorofil-A Data Insitu dan Citra Sentinel-3 Serta Keterkaitannya Dengan Kualitas Air di Perairan Muara Sungai Bodri, Kendal

Gilang Rizki AlQadri*, Kunarso, dan Muslim

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. H. Sudarto, SH, Tembalang Semarang, 50275 Telp/fax (024)7474698
Email: *gilangrizkialqdr@gmail.com

Abstrak

Peningkatan pemanfaatan lahan seperti pertanian, pertambakan, perikanan, pemukiman, dan industri terjadi di sepanjang sungai bodri. Peningkatan tersebut mempengaruhi tingkat kesuburan perairan. Tingkat kesuburan pada suatu perairan dapat dilihat dari konsentrasi klorofil-a. Pendugaan konsentrasi klorofil-a di perairan perlu menggunakan metode yang lebih efektif, salah satunya menggunakan citra Sentinel 3. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pola kesesuaian dan akurasi klorofil-a citra sentinel 3 dengan data *insitu*, serta keterkaitannya dengan kualitas air di perairan muara Sungai Bodri. Penelitian ini dilakukan dengan metode kuantitatif deskriptif. Hasil penelitian menunjukkan konsentrasi klorofil- a berkisar 1,78 mg/m³ – 4,28 mg/m³, dan hasil pengolahan data citra Sentinel 3 menghasilkan konsentrasi klorofil- a berkisar 1,85 mg/m³ – 5,3 mg/m³. Pola distribusi konsentrasi klorofil- a data *insitu* dan citra Sentinel 3 menunjukkan pola yang relatif sama, yaitu konsentrasi klorofil-a tertinggi di wilayah muara sungai Bodri dan semakin rendah ke arah laut. Konsentrasi klorofil-a citra lebih besar dibandingkan hasil insitu diduga dikarenakan penggunaan algoritma C2RCC yang sangat dipengaruhi oleh data dari simulasi reflektan pancaran air serta radian dari ToA, sehingga dengan kondisi perairan yang keruh, menyebabkan reflektan yang diterima sensor di artikan sebagai fitoplankton oleh algoritma C2RCC, dan menyebabkan tingginya konsentrasi klorofil-a yang didapat. Nilai korelasi konsentrasi klorofil-a *insitu* dan klorofil-a citra sebesar $r = 0,935$, menunjukkan bahwa korelasi tersebut memiliki hubungan yang sangat kuat. Hasil uji *Root Mean Square Error* (RMSE) menunjukkan data citra Sentinel 3 memiliki hasil yang akurat (RMSE = 0,566 mg/m³, $R^2 = 0.875$ dan $r = 0.935$).

Kata kunci : Klorofil- a, Sentinel 3, RMSE, Muara Sungai Bodri

Abstract

Increased land use such as agriculture, aquaculture, fisheries, settlements, and industry occurred along the Bodri River. This increase affects the level of water fertility. The level of fertility of a waters can be seen from the concentration of chlorophyll-a. Estimating the concentration of chlorophyll-a in waters needs to use a more effective method, one of which uses Sentinel 3 imagery. Bodri. This research uses a quantitative descriptive method. The results showed that the concentration of chlorophyll-a was between 1.78 mg/m³ – 4.28 mg/m³, and the results of image data processing Sentinel 3 produced chlorophyll- a concentrations ranging from 1.85 mg/m³ – 5.3 mg/ m³. The distribution pattern of chlorophyll- a concentration data in situ and Sentinel 3 image shows a relatively similar pattern, the highest chlorophyll-a concentration in the estuary area of the Bodri river and lower towards the sea. The concentration of chlorophyll-a in the image is greater than the in situ results, presumably due to the use of the C2RCC algorithm which is strongly influenced by the simulation data of the reflectance of water jets and radians from ToA, so that the water conditions are cloudy, the reflectance received by the sensor is interpreted as phytoplankton by the C2RCC algorithm, and resulted in the high concentration of chlorophyll-a obtained. The correlation value of in situ chlorophyll-a concentration and chlorophyll-a image is $r = 0.935$, indicating that the correlation has a very strong relationship. The results of the *Root Mean Square Error* (RMSE) test show that Sentinel 3 image data has accurate results (RMSE = 0.566 mg/m³, $R^2 = 0.875$ and $r = 0.935$).

Keywords : Chlorophyll- a, Sentinel 3, RMSE, Bodri River Estuary

PENDAHULUAN

Muara sungai adalah bagian dari ekosistem pesisir berupa perairan semi tertutup, serta terjadinya pertemuan massa air yang mengalir dan bermuara ke laut. Wilayah ini dipengaruhi oleh faktor hidrologi

perairan berupa pasang surut air laut yang membawa masukan unsur hara dari aktivitas yang terjadi di darat, sehingga menyebabkan daerah ini menjadi subur (Isnaini, 2012). Kandungan unsur hara yang sangat banyak pada daerah ini merupakan faktor terpenting pada pertumbuhan fitoplankton (Rupawan, 2015). Fitoplankton yang berperan sebagai produsen primer mampu merubah zat anorganik menjadi zat organik dengan sinar matahari dan pigmen fotosintetik klorofil-a sebagai penyokong proses tersebut, sehingga fitoplankton di perairan sangat vital (Odum, 1971). Terdapat 3 jenis klorofil yaitu klorofil- a, b dan c. Ketiga jenis ini penting dalam proses fotosintesis. Klorofil- a merupakan kandungan yang paling dominan pada fitoplankton, maka dari itu klorofil- a bisa digunakan sebagai indikator kesuburan air (Minsas *et al.*, 2013). Sebagai pigmen utama dalam fitoplankton, keberadaan klorofil-a telah dianggap sebagai sarana biomassa dalam kolom air. Meskipun biomassa yang memadai sangat penting bagi ekosistem air yang sehat dan produktif, keberadaannya yang berlebihan dapat membahayakan dan berpotensi merusak fungsi dan kesehatan ekosistem perairan tersebut (Pahlevan, 2019; Brooks *et al.*, 2016).

Kelimpahan fitoplankton sangat dipengaruhi kondisi fisika-kimia perairan. Parameter fisika-kimia perairan yang mempengaruhi kelimpahan fitoplankton adalah salinitas, kecerahan, suhu, DO, pH, dan nutrisi (Aryawati dan Thoha, 2011). Menurut Effendi (2003), arus, gelombang, dan pasang surut juga merupakan faktor fisika di wilayah pesisir. Faktor fisika-kimia tersebut terjadi secara bersama dan mempengaruhi suplai nutrisi di perairan. Secara alamiah sumber nutrisi berasal dari penguraian dan pelapukan/dekomposisi tumbuhan, organisme, dan buangan limbah. Adanya arus laut, nutrisi mengalami persebaran sesuai pergerakan massa air.

Penelitian yang dilakukan oleh Haban *et al.*, (2022) di teluk Semarang, mengkaji kualitas perairan dengan citra Sentinel 3 OLCI, namun penelitian ini hanya mengkaji kandungan klorofil-a pada citra saja, hasil pengolahan citra satelit yang masih meninggalkan kesalahan geometrik di lapangan, meskipun setiap dilakukannya pengolahan data citra selalu dikoreksi agar hasil citra yang diterima sesuai dengan nilai yang sebenarnya, tetapi masih diperlukannya validasi data citra terhadap data lapangan, guna untuk mengetahui seberapa jauh citra satelit dapat memberikan informasi tentang klorofil perairan.

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan penelitian mengenai perbandingan distribusi klorofil-a antara data *insitu* dengan citra sentinel 3 serta keterkaitannya dengan kualitas air di perairan muara Sungai Bodri. Hal ini untuk mengetahui pola konsentrasi klorofil- a dan akurasi data citra sentinel 3, dan keterkaitan klorofil- a dan kualitas air, serta dapat dijadikan sebagai salah satu landasan informasi tentang pengelolaan dan pemanfaatan perairan.

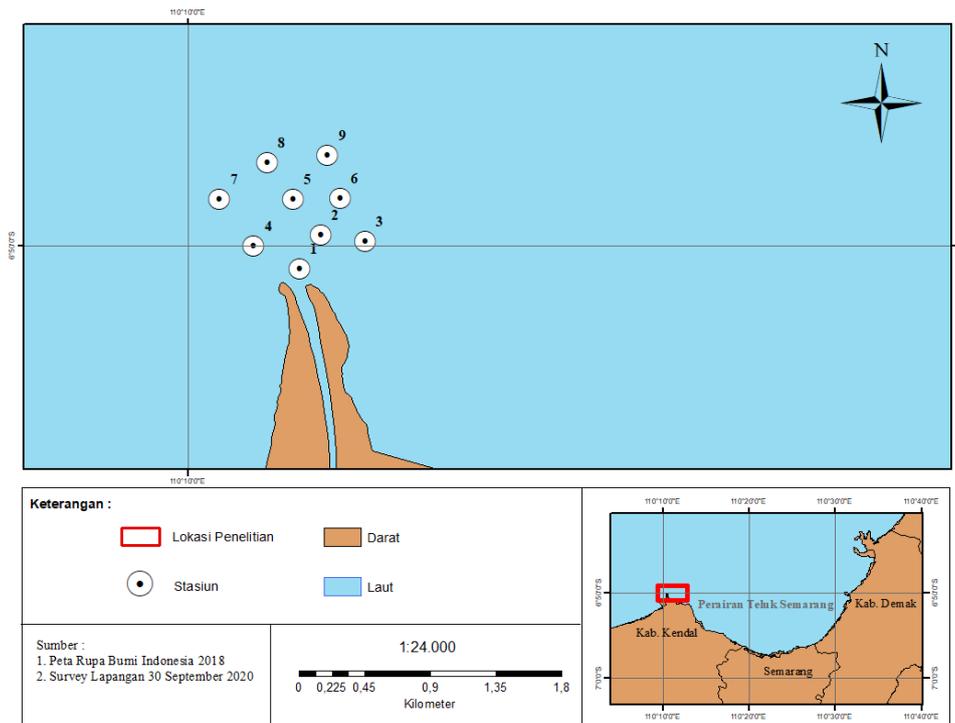
MATERI DAN METODE

Data primer yang digunakan yaitu konsentrasi klorofil-a *insitu*, kualitas air yaitu oksigen terlarut (DO), suhu, pH, kecerahan, salinitas, yang di dapatkan dengan pengambilan data secara langsung di lapangan tanggal 30 September 2020 pukul 10.00 WIB, dan citra Sentinel 3a OLCI L1 perekaman 30 September 2020. Sedangkan data sekunder berupa dan peta Rupa Bumi Indonesia dari Badan Informasi Geospasial. Penelitian dilaksanakan di perairan muara Sungai Bodri, Kabupaten Kendal, Provinsi Jawa Tengah.

Tabel 1. Koordinat Stasiun

Stasiun	Lintang	Bujur
1	- 6.834816° LS	110.173570° BT
2	-6.832693° LS	110.174871° BT
3	-6.833096° LS	110.177621° BT
4	-6.833336° LS	110.170744° BT
5	-6.830435° LS	110.173166° BT
6	-6.830390° LS	110.176067° BT
7	-6.830435° LS	110.168622° BT
8	-6.828148° LS	110.171552° BT
9	-6.827729° LS	110.175289° BT

Jumlah stasiun pada pengambilan sampel air adalah 9 stasiun agar dapat mewakili berbagai daerah sampling. Penentuan lokasi setiap stasiun dengan pertimbangan stasiun 1, 2 dan 3 mewakili area muara sungai, stasiun 4, 5 dan 6 mewakili area transisi dan untuk stasiun 7, 8 dan 9 mewakili laut lepas.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Analisa Klorofil- a

Analisis klorofil- a menggunakan metode *spektrofotometri*. Sampel air laut sebanyak 1 liter disaring dengan *filter holder* yang telah dilengkapi dengan kertas saring selulosa dan dihubungkan pada *vacuum pump*, ditambahkan 3-5 tetes $MgCO_3$ pada hasil saringan diatas kertas saring. Kertas saring dimasukkan ke tabung reaksi dan di ekstraksi menggunakan 10 ml aseton 90% lalu dihomogenkan, selanjutnya disimpan selama 24 jam di lemari pendingin. Setelah itu hasil saringan di sentrifuge dengan putaran 3000 rpm selama kurang lebih 30 menit. Setelah dari Setrifuge diukur absorbansinya pada panjang gelombang 750 nm, 664 nm, 647 nm, dan 630 nm dengan menggunakan spektrofotometer.

Konsentrasi klorofil-a dihitung menggunakan rumus (Parson *et al.*, 1989; Riyono, 2006) :

$$Chl - a = \frac{C \times V \times a}{V \times d}$$

Keterangan:

Chl- a = Kandungan klorofil-a

Ca = $11,85 E_{664} - 1,54 E_{647} - 0,08 E_{630}$

Va = Volume aseton (ml)

V = Volume sampel air disaring (L)

d = Diameter cuvet (1cm)

E = Penyerapan pada panjang gelombang

Pengolahan Citra Sentinel 3 OLCI

Citra Sentinel-3a *Ocean and Land Colour Instrument (OLCI)* level 1 dengan resolusi spasial sebesar 300 m dan resolusi temporan 2-3 hari yang didapatkan dari <https://scihub.copernicus.eu>. Produk data Sentinel 3 OLCI resolusi penuh level 1 dengan resolusi spasial 300m yang telah diunduh, selanjutnya diolah menggunakan aplikasi *sentinel Application Platform (SNAP)* versi 7.0. Citra di *crop*, diproyeksikan,

diproses dengan algoritma *Case 2 Regional Coast Colour (C2RCC)* dan siap di visualisasikan. C2RCC memiliki 2 peran utama dalam mengekstraksi nilai klorofil-a, yaitu koreksi atmosfer dan ekstraksi nilai klorofil-a dari perairan. Selanjutnya hasil dari pengolahan dari SNAP di layout di aplikasi ArcGis 10.4.1.

Pengolahan Data Secara Statistik

Manessa *et al* (2017) menyatakan akar rata-rata kuadrat simpangan (*Root Mean Squared Error*) adalah cara menguji model regresi linear melalui pengukuran tingkat akurasi hasil perkiraan suatu model. Secara matematis, rumusnya di tulis sebagai berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2}$$

Keterangan :

- x = Nilai hasil observasi
- \hat{x} = Nilai hasil prediksi
- i = Urutan data pada database
- n = Jumlah data

Sugiyono (2007) menyatakan bahwa uji korelasi *Pearson Product Moment* digunakan untuk mengetahui hubungan dan arah hubungan antara variable. *Software IBM SPSS Statistic 26* digunakan pada analisis ini. Untuk mengetahui keterkaitan antar variable digunakan *Pearson correlation* :

$$r = \frac{n \sum ab - (\sum a)(\sum b)}{\sqrt{[n \sum a^2 - (\sum a)^2][n \sum b^2 - (\sum b)^2]}}$$

Keterangan :

- r = korelasi antara a dan b
- x = nilai a
- y = nilai b
- n = banyak nilai

Tabel 2. Interpretasi Koefisien Korelasi

Nilai Korelasi	Interpretasi
0,00 - 0,19	Sangat Rendah
0,20 - 0,39	Rendah
0,40 - 0,59	Sedang
0,60 - 0,79	Kuat
0,80 - 1,00	Sangat Kuat

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Klorofil- a

Hasil konsentrasi klorofil- a data *insitu* di perairan muara Sungai Bodri, berkisar antara 1,78 – 4,28 mg/m³, dan diperoleh distribusi klorofil- a yang berbentuk Konvergen mulai dari stasiun 1 sampai 9. Konsentrasi klorofil-a tertinggi berada pada stasiun 2 dengan konsentrasi sebesar 4,2863 mg/m³, dan konsentrasi klorofil- a terendah pada stasiun 9 dengan konsentrasi 1,7808 mg/m³. Konsentrasi klorofil- a yang tinggi pada stasiun 2 dapat dikarenakan dekat muara sungai yang memiliki masukan unsur hara yang bersumber dari kegiatan pertambangan, perikanan dan pertanian. Konsentrasi klorofil-a yang tinggi di stasiun 2 dapat dikarenakan dekat muara sungai yang memiliki masukan unsur hara yang berasal dari kegiatan pertanian, pertambangan, dan perikanan. Pernyataan tersebut sesuai dengan penelitian Amna *et al* (2022), mengkaji tentang distribusi horizontal klorofil-a dan MPT di muara Sungai Bodri, didapati distribusi klorofil-a pada muara Sungai Bodri bersumber dari masukan nutrient yang berasal dari aliran sungai. Konsentrasi stasiun 1 yang berada di muara sungai lebih rendah jika di dibandingkan stasiun 2 yang berlokasi lebih jauh dari wilayah muara, hal ini diduga karena stasiun 1 berada di muara sungai yang memiliki pergerakan massa air dan proses pengadukan yang tinggi, sehingga kandungan nutrient akan secara fluktuatif berubah. Parameter lainnya yang mempengaruhi kejadian ini berasal dari perbedaan kualitas air di tiap

stasiun, perbedaan kualitas air dapat menyebabkan pertumbuhan fitoplankton yang berbeda. Seperti kecerahan perairan pada stasiun 1 yang lebih baik daripada stasiun 2, tetapi setelah didapati konsentrasi klorofil- a stasiun 2 lebih tinggi daripada stasiun 1, dapat di asumsikan kecerahan perairan pada stasiun 1 di dominasi oleh material padatan tersuspensim sedangkan kecerahan pada stasiun 2 didominasi oleh fitoplankton. Dugaan ini didukung oleh Hanifah *et al.* (2018) , berpendapat bahwa perairan yang memiliki bahan organik yang sedikit dan mengakibatkan konsentrasi fosfat rendah salah satunya diakibatkan oleh kecerahan perairan yang tinggi.

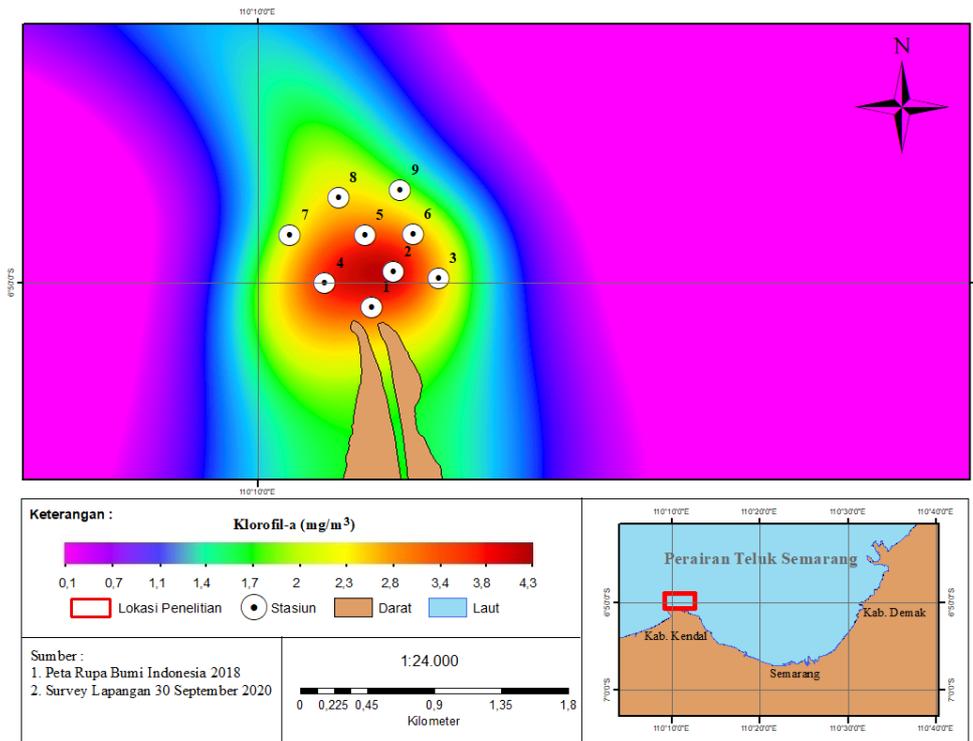
Tabel 3. Perbandingan Konsentrasi klorofil-a *insitu* dan citra sentinel 3 di perairan muara Sungai Bodri, Kendal

Stasiun	Konsentrasi Klorofil-a (mg/m ³)	
	<i>Insitu</i>	Sentinel 3
1	3,6588	5,3060
2	4,2863	5,3060
3	2,7857	3,3376
4	3,8251	4,3248
5	3,5337	3,7314
6	3,032	3,6695
7	2,1548	1,8552
8	2,4925	2,8377
9	1,7808	2,1451
Rerata	3,0611	3,6126

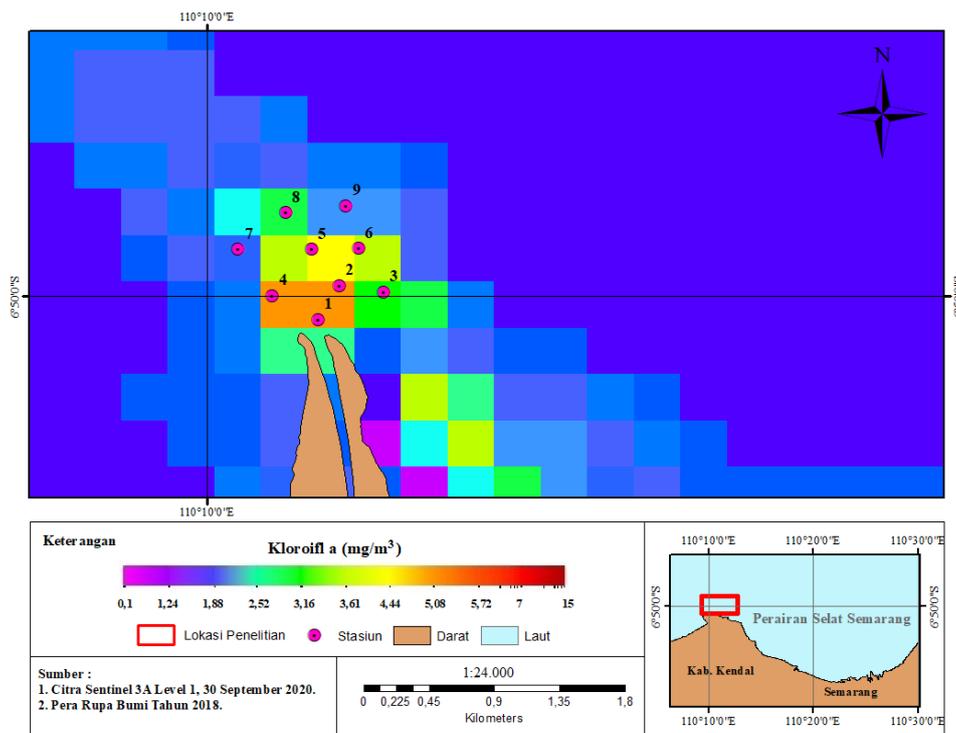
Hasil analisis konsentrasi yang didapatkan memiliki kisaran konsentrasi lebih tinggi apabila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Agung *et al.* (2018) di perairan muara Sungai Bodri, Kendal. Agung *et al.*, (2008) menyatakan, nilai konsentrasi klorofil-a berkisar antara 0,34 – 4,86 mg/m³. Sedangkan konsentrasi klorofil-a yang didapatkan pada penelitian berkisar antara 1,78 – 4,28 mg/m³, hal ini dikarenakan adanya perbedaan rentang waktu penelitian dengan penelitian sebelumnya, adanya penambahan aktifitas manusia sehingga terjadinya penambahan bahan organik di muara Sungai Bodri.

Konsentrasi klorofil- a pada data citra Sentinel 3, konsentrasi tertinggi terdapat di stasiun 1 dan 2 sebesar 5,3060 mg/m³. Konsentrasi terendah pada stasiun 7 sebesar 1,8552 mg/m³. Secara spasial terlihat bahwa konsentrasi klorofil-a menyebar dari stasiun 1 yang berada di muara sungai menuju laut lepas. Konsentrasi klorofil-a ini berbeda dengan data *insitu*, dimana data citra Sentinel 3 lebih tinggi daripada konsentrasi klorofil-a data *insitu*. Perbedaan ini disebabkan adanya perbedaan waktu perekaman citra dengan pengambilan data lapangan, dimana perbedaan ini dapat mempengaruhi hasil konsentrasi klorofil-a. Hal ini di dukung oleh Zakiyah *et al.*, (2019), dimana perbedaan nilai konsentrasi citra dengan *insitu* dapat di sebabkan oleh perbedaan waktu perekaman citra dengan pengambilan sampel air, dan kondisi citra dipengaruhi oleh tutupan awan tipis dan masih menyisakan kesalahan geometrik di lapangan. Pada penelitian ini terdapat kekurangan yaitu pada perbandingan stasiun 1 dan 2 pada citra sentinel yang terdapat pada satu pixel, sehingga jika di bandingkan dengan data *insitu* kurang tepat, karena data *insitu* mewakili konsentrasi klorofil-a pada stasiun yang diambil, sedangkan pada data citra konsentrasi klorofil-a pada satu pixel, sehingga jika terdapat beberapa stasiun pengamatan pada satu pixel, akan mengakibatkan tidak imbangnya perbandingan yang dilakukan.

Pola distribusi klorofil- a data *insitu* dan citra sentinel 3 memiliki pola yaitu konsentrasi klorofil-a lebih tinggi di daerah muara kemudian semakin rendah menuju laut. Semakin jauh dari muara maka nilai klorofil-a semakin rendah. Tingginya konsentrasi klorofil- a di perairan muara diduga dari buangan limbah organik yang mengalir di aliran sungai Bodri menuju muara sungai. Badan air sungai bodri digunakan sebagai saluran air pembuangan limbah rumah tangga, dan area pertambakan, sehingga menghasilkan limbah yang merupakan sumber nutrient sebagai akibat degradasi mikroba. Rasyid (2009) menyatakan faktor utama tingginya konsentrasi klorofil-a di perairan adalah suplai nutrient yang berasal dari daratan. Tingginya nutrient pada daerah muara dapat digunakan oleh fitoplankton pada proses fotosintesis (Wenno, 2007).



Gambar 2. Distribusi Klorofil- a Data Insitu

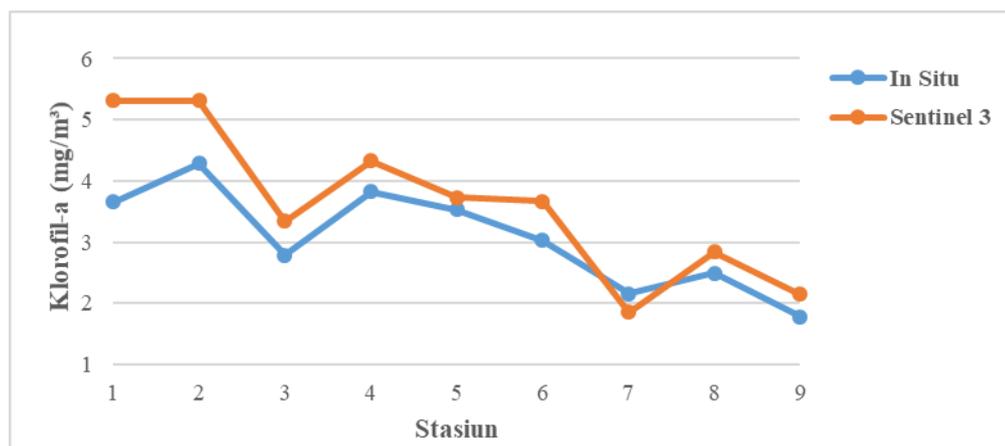


Gambar 3. Distribusi Klorofil-a Sentinel 3

Menurut Boynton (1996) perairan yang kurang subur memiliki rerata konsentrasi klorofil- a $<1 \text{ mg/m}^3$, perairan sedang memiliki rerata konsentrasi klorofil-a $1 - 15 \text{ mg/m}^3$, perairan subur dengan konsentrasi antara $15 - 30 \text{ mg/m}^3$, termasuk kategori sangat subur dengan konsentrasi $>30 \text{ mg/m}^3$. Perairan muara Sungai Bodri termasuk perairan yang memiliki kesuburannya sedang, karena konsentrasi klorofil-a yang diperoleh baik berdasarkan data *insitu* dan data citra, berada di antara $1 - 15 \text{ mg/m}^3$, dan dilihat dari nilai konsentrasi setiap titik stasiun termasuk perairan yang kesuburannya sedang. Pernyataan ini didukung oleh Garini *et al* (2021), yang mengkaji kandungan klorofil-a di perairan Kendal, Jawa Tengah, yang memperoleh konsentrasi klorofil-a berkisar antara $1,3 - 1,7 \text{ mg/m}^3$. Dugaan perairan muara Sungai Bodri dalam perairan yang kesuburan sedang karena perairan ini memiliki kegiatan perikanan yang cukup menonjol, sering di manfaatkan sebagai daerah tambak, sehingga kandungan klorofil pada daerah muara akan lebih tinggi, dan berkurang seiring mendekati laut lepas. Terlihat dari konsentrasi klorofil-a di stasiun 7, 8, dan 9 yang memiliki nilai klorofil-a lebih rendah daripada stasiun lainnya.

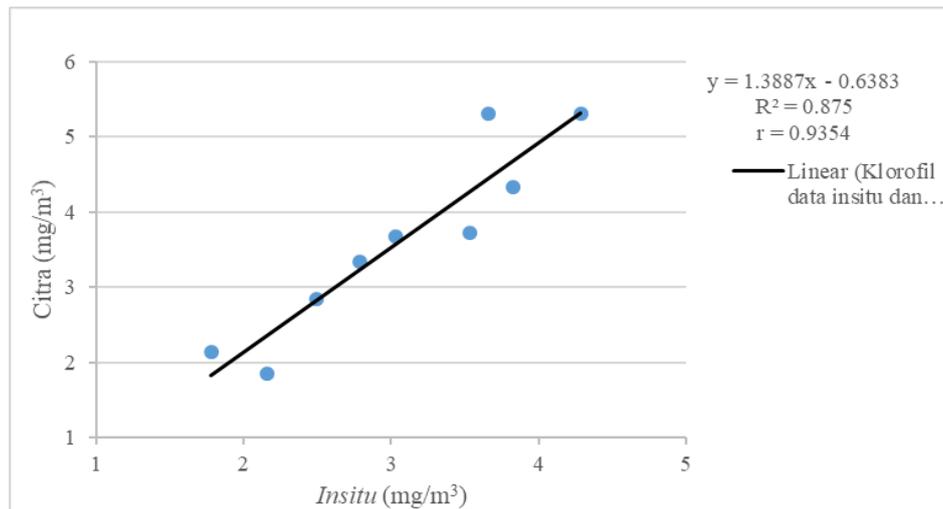
Akurasi Citra

Hasil uji regresi statistik menunjukkan hasil yang sangat akurat, dengan koefisien korelasi (r) bernilai 0,9354. Sugiyono (2007) menyebutkan, koefisien korelasi dengan rentang nilai $0,8 - 1,00$ termasuk pada korelasi yang sangat kuat. Apabila ditinjau dari nilai determinasinya (R^2) bernilai 0,875. Hal ini berarti konsentrasi klorofil-a data citra sentinel 3 dapat menjelaskan 87% data klorofil-a data *insitu*. Jika dilihat dari nilai signifikansinya, ($P = 0,000$) apabila nilai $P < 0,05$, maka terdapat korelasi signifikan antara yang variabel dihubungkan. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Soomets *et al.*, (2020), menyebutkan penggunaan citra Sentinel-3 OLCI untuk pemantauan klorofil- a di perairan memiliki nilai korelasi cukup baik dengan data in-situ dengan nilai R^2 sebesar 0,83. Konsentrasi klorofil-a citra lebih besar dibandingkan hasil insitu diduga dikarenakan penggunaan algoritma C2RCC yang sangat dipengaruhi oleh data dari simulasi reflektan pancaran air serta radian dari ToA, sehingga dengan kondisi perairan yang keruh, menyebabkan reflektan yang diterima sensor di artikan sebagai fitoplankton oleh algoritma C2RCC, dan menyebabkan tingginya konsentrasi klorofil-a yang didapat (Brockman *et al.*, 2016).



Gambar 4. Grafik Perbandingan Konsentrasi Klorofil- a data Citra Sentinel 3 dan data *insitu* di perairan Muara Sungai Bodri, Kendal

Hasil perhitungan RMSE pada nilai konsentrasi klorofil-a secara keseluruhan antara data *insitu* dengan citra Sentinel 3 OLCI menghasilkan nilai $\text{RMSE} = 0,566 \text{ mg/m}^3$, nilai tersebut berarti bahwa tingkat akurasi citra Sentinel 3 OLCI sudah bagus, sesuai dengan pernyataan Conopio *et al.*, (2019) hasil prediksi akan semakin akurat apabila nilai RMSE yang diperoleh semakin kecil (mendekati 0). Arabi *et al.*, (2020), menyatakan bahwa tingkat akurasi Sentinel 3 OLCI di perairan pesisir memiliki keakuratan terbaik dengan $\text{RMSE} = 3,97$ terhadap data lapangan, dibandingkan dengan sensor MERIS dan MSI.



Gambar 5. Grafik Korelasi Klorofil- a data *insitu* dan Citra Sentinel 3 di perairan Muara Sungai Bodri, Kendal

Hubungan Klorofil- a Dengan Kualitas Air

Kisaran nilai hasil pengukuran bervariasi tiap stasiun. Hasil pengukuran terhadap parameter salinitas menunjukkan nilai 26.67 – 31.00 ‰, suhu 29.33 – 31.67 °C, kecerahan 40.83 – 68.33 cm, DO 0.34 – 2.69 mg/L, dan pH 7.37 – 7.53 (tabel 4.).

Tabel 4. Kualitas Perairan

Stasiun	Salinitas (‰)	Suhu (°C)	Keccerahan (cm)	DO (mg/L)	pH
1	28.33	29.33	40.83	0.35	7.37
2	26.67	30.70	41.67	0.34	7.37
3	29.67	30.53	62.50	0.56	7.30
4	28.67	30.70	43.33	1.70	7.40
5	30.00	30.77	68.33	1.27	7.43
6	29.67	31.40	34.17	2.40	7.47
7	30.33	30.63	45.00	2.10	7.43
8	31.00	30.73	62.50	2.25	7.50
9	30.00	31.67	68.33	2.69	7.53
Rerata	29.37	30.72	51.85	1.52	7.42

Hasil korelasi Pearson antara Klorofil-a dengan parameter kualitas air diperoleh dari pengolahan data menggunakan *software* IBM SPSS Statistic 26 disajikan dalam Tabel 5, tanda (*) pada variable menunjukkan variable tersebut memiliki taraf signifikan sebesar 5% dan tanda (**) menunjukkan variable tersebut memiliki taraf signifikan sebesar 1%

Tabel 5. Korelasi Pearson

	Klorofil-a	Suhu	Salinitas	DO	pH	Keccerahan
Klorofil-a	Pearson	1	-0.454	-.797*	-.705*	-0.568
	Correlation					
	Sig. (2-tailed)		0.219	0.010	0.034	0.111
	N	9	9	9	9	9

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

Salinitas berkorelasi dengan klorofil- a ($r = - 0,797$), yang berarti jika konsentrasi salinitas tinggi, maka konsentrasi klorofil a rendah, begitu pula sebaliknya (Tabel 5), konsentrasi salinitas yang didapatkan cenderung bertambah besar menuju laut lepas, hal ini didukung oleh pernyataan Aziz (2007), bahwa konsentrasi salinitas pada muara hingga laut akan terus bertambah. Adanya masukan dari daratan pada daerah muara menyebabkan salinitas di muara sungai sangat berfluktuasi. Laju fotosintesis akan dipengaruhi oleh variasi konsentrasi salinitas, terlebih pada fitoplankton yang hanya dapat bertahan pada konsentrasi tertentu (Kaswadi *et al.*, 1993). Konsentrasi salinitas yang bagus untuk perkembangannya fitoplankton berkisar antara 10 – 40 ‰ (Raymond., 1980).

Parameter berikutnya yang berkorelasi dengan klorofil-a di perairan muara sungai Bodri adalah DO (oksigen terlarut) dengan ($r = - 0,705$) (Tabel 5), berarti jika konsentrasi DO meningkat, maka akan terjadi penurunan pada konsentrasi klorofil-a. Berdasarkan hasil penelitian ini menunjukkan bahwa konsentrasi DO semakin besar ke arah laut lepas (Tabel 5). Hal ini dimungkinkan karena terjadi aktivitas penguraian oleh bakteri yang menggunakan banyak oksigen akibat dari banyaknya buangan limbah. Menurut Chen *et al.*, (2016) menyebutkan bahwa kandungan DO, dan pH di daerah muara lebih rendah daripada di perairan yang lebih dalam, karena tingginya oksidasi bahan organik serta fotosintesis yang terjadi di kolom air. Salmin (2005) menjelaskan bahwa dengan bertambahnya kedalaman pada suatu perairan akan menyebabkan penurunan pada kadar DO, karena proses fotosintesis yang terjadi akan semakin berkurang dan oksigen terlarut akan semakin banyak di gunakan untuk pernafasan serta oksidasi pada unsur hara. Hal ini dapat membuktikan perbedaan konsentrasi oksigen terlarut di perairan pantai dan perairan laut.

Beberapa parameter yang nilai korelasinya lebih rendah dari pada parameter yang lain yaitu suhu ($r = - 0,456$), pH ($r = - 0,573$), dan kecerahan ($r = - 0,463$). Hubungan ini bernilai negatif yang berarti, jika nilai klorofil-a tinggi, maka nilai parameter tersebut akan rendah. Nilai kecerahan yang rendah di muara sungai Bodri dapat menyebabkan proses fotosintesis tidak maksimal. Kecerahan perairan muara Sungai Bodri yang rendah pada tiap stasiun diduga karena proses pengadukan yang terjadi di muara akibat pertemuan arus dan mengakibatkan sedimen di dasar perairan teraduk sampai ke permukaan perairan. Hal ini didukung Hikmawati *et al.*, (2014) jika semakin sedikit cahaya matahari yang masuk ke perairan dapat menyebabkan proses fotosintesis kurang optimum, sehingga berpengaruh pada konsentrasi klorofil-a. Nilai konsentrasi suhu berkisar antara 29,3-31,7 °C, karena cuaca saat pengukuran relatif sama sehingga suhu yang didapat tidak mengalami perubahan, kisaran nilai suhu diperoleh masih dapat mendukung kehidupan fitoplankton. Menurut Hatta (2014), suhu tidak mempengaruhi konsentrasi klorofil-a di permukaan perairan. Hal ini dikarenakan suhu di permukaan masih relative sama dan masih dalam kisaran yang cukup untuk pertumbuhan klorofil. Nilai pH diperoleh berkisar 7,3-7,5, nilai tersebut dapat mendukung kehidupan organisme air, dalam hal ini adalah fitoplankton. Lantang *et al.*, (2015) menyatakan nilai pH yang berkisar 7 – 8,5 ideal bagi kehidupan organisme akuatik, karena dengan nilai pH tersebut adalah perairan yang produktif dan dapat mendorong bahan organik dalam air menjadi mineral yang selanjutnya diasimilasi oleh fitoplankton.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dalam penelitian, dapat disimpulkan bahwa distribusi klorofil-a antara data *insitu* dan citra Sentinel 3a OLCI mempunyai pola distribusi yang sama yaitu konsentrasi klorofil-a tertinggi di wilayah muara Sungai Bodri dan semakin rendah ke arah laut. Hasil uji akurasi membuktikan konsentrasi klorofil-a citra Sentinel 3 OLCI mempunyai akurasi yang baik dengan nilai RMSE yang kecil yaitu 0,566 mg/m³, dan memiliki korelasi yang sangat kuat sebesar $r = 0,9354$ terhadap data *insitu*. Hubungan klorofil-a dan kualitas air berdasarkan uji korelasi *Pearson product* dengan nilai korelasi pada klorofil-a dengan salinitas ($r = -0,797$), klorofil-a dengan DO ($r = - 0,705$), klorofil- a dengan suhu ($r = - 0,456$), klorofil- a dengan pH ($r = - 0,573$), klorofil-a dengan kecerahan ($r = - 0,463$).

DAFTAR PUSTAKA

Agung, A., Zainuri, M., Wirasatriya, A., Maslukah, L., Subardjo, P., Suryosaputro, A.A.D. & Handoyo, G. 2018. Analisis Sebaran Klorofil-A dan Suhu Permukaan Laut sebagai Fishing Ground Potensial (Ikan Pelagis Kecil) di Perairan Kendal, Jawa Tengah. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(2): 67-74.

- Amna, A. M. L., 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.
- Arabi, B. M.S. Salama., J. Pitarch., W. Verhoef. 2020. Integration of in-situ and multi-sensor satellite observations for long-term water quality monitoring in coastal areas. Elsevier. Vol 239.
- Aryawati dan Thoha, 2011. Hubungan Kandungan Klorofil-a dan Kelimpahan Fitoplankton di Perairan Berau Kalimantan Timur. *Maspari Jurnal*, 2 ; 89 – 94.
- Brockman, C., Doerffer, R., Peters, M., Stelzer, K., Embacher, S., dan Ruescas, A. (2016): Evolution of The C2RCC Neural Network For Sentinel 2 and 3 For The Retrieval of Ocean Colour Products In Normal and Extreme Optically Complex Waters.
- Boynton, B. 1996. Chlorophyll in mid Atlantic estuaries dalam Chesapeake Bay program 1997. US-EPA-MAIA: 10pp
- Conopio, M., Japor, R. K., Blanco, A. C., and Tamondong, A. M. 2019. Estimation Of Chlorophyll-a Concentration In Laguna De Bay Using Sentinel-3 Satellite Data, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, XLII-4/W19, 125–132, XLII-4-W19-125.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan. PT. Kanisius, Yogyakarta, 258 hlm.
- Garini, B. N., Suprijanto, J., Pratikto, I. 2021. Kandungan klorofil-a dan kelimpahan di perairan Kendal, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*. 10(1) : 102 – 108.
- Haban, M. H. M., Kunarso. Prayogo, T., Wirasatriya, A. 2022. Spatio-Temporal Distribution of Chlorophyll-a in Semarang Bay using Sentinel-3. *Buletin Oseanografi Marina*. 11(1) : 11 – 18.
- Hanifah, D.N., Wulandari, S.Y., Maslukah, L. & Supriyantini, E. 2018. Sebaran Horizontal Konsentrasi Nitrat Dan Fosfat Anorganik Di Perairan Muara Sungai Kendal, Kabupaten Kendal. *Journal of Tropical Marine Science*, 1(1):27-32.
- Isnaini, 2012. Struktur Komunitas Fitoplankton di Perairan Muara Sungai Banyuasin Kabupaten Banyuasin Sumatera Selatan. *Maspari Journal*, Vol. 4, No. 1: 58-68.
- Kaswadji, R.F, F. Widjaja dan Y. Wardianto. 1993. Produktifitas Primer dan Laju Pertumbuhan Fitoplankton di Perairan Pantai Bekasi. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. 1(2): 1 – 15.
- Manessa, M. D. M., Haidar, M., Hartuti, M., & Kresnawati, D. K. (2017). Determination of The Best Methodology For Bathymetry Mapping Using Spot 6 Imagery: A Study Of 12 Empirical Algorithms. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*, 4(2): 127–136.
- Minsas, S. 2013. Komposisi, Struktur dan Kandungan Klorofil-a Fitoplankton pada Musim Barat dan Musim Timur di Estuaria Sungai Peniti, Kalimantan Barat. Thesis. Universitas Andalas. Padang.
- Odum, E.P., G.W. Barret. 1971. *Fundamental of Ecology*. 5th ed, W.B. Saunders Company, Philadelphia
- Pahlevan, N., B. Smith., J. Schalles., C.E. Binding., Z. Cao, R. Ma., K. Alikas., K. Kangro., D. Gurlin., H.T.T. Nguyen., B. Matsushita., W.J. Moses., S. Greb., M.K. Lehmann., M. Ondrusek., N. Oppelt., R. Stumpf. 2020. Seamless retrievals of chlorophyll-a from Sentinel-2 (MSI) and Sentinel-3 (OLCI) in inland and coastal waters: A machine-learning approach. *Remote Sensing Of Environment*, 240, 1 – 21.
- Rasyid, A. 2009. Distribusi Klorofil-a pada Musim Peralihan Barat-Timur di Perairan Spermonde Propinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Sains dan Teknologi*, 9(2) : 125 – 132.

- Raymond, J.E.G 1980. Plankton and Productivity in the Ocean. Pergamon Press. Oxford.
- Rupawan. 2015. Keanekaragaman Jenis dan Struktur Komunitas Sumberdaya Ikan Estuari Banyuasin Sumatera Selatan. Seminar Nasional Perikanan Indonesia. STP Jakarta
- Salmin. 2005. Oksigen Terlarut (DO) dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah Satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan. *Oseana*, 30(3): 21-26.
- Soomets, T.; Uudeberg, K.; Jakovels, D.; Brauns, A.; Zagars, M.; Kutser, T. 2020. Validation and comparison of water quality products in baltic lakes using sentinel-2 msi and sentinel-3 OLCI data. *Sensors* 20, 742.
- Sugiyono. 2007. Metode Penelitian Pendidikan. Bandung: Alfabeta.
- Suhadha A. G., A. Ibrahim. 2019. Satelit Multimisi Sentinel 3 dan Pemanfaatannya dalam Pemantauan Sumberdaya Pesisir dan Laut. *Inderaja*. 10(12): 41-49.
- Tarigan, M. S., N. N. Wiadnyana. 2013. Pemantauan Konsentrasi Klorofil-a Menggunakan Citra Satelit Terra-Aqua Modis di Teluk Jakarta. *Jurnal Kelautan Nasional*. 8(2): 81-89.
- Wenno, L. F. 2007. Biodiversitas Organisme Planktonik dalam Kaitannya dengan Kualitas Perairan dan Sirkulasi Massa Air di Selat Makassar. Pusat Penelitian Oseanografi (LIPI). Jakarta, 28hlm.
- Zakiah, U., G.A. Rohani., A. Darmawan. 2019. Distribusi Spasial Klorofil-a di Perairan Pantai Kabupaten Tulungaung Jawa Timur Menggunakan Teknologi Penginderaan Jauh. *JFMR*. Vol.3 (3) : 315 – 321.