

Uji Akurasi Beberapa Algoritma Material Padatan Tersuspensi Menggunakan Citra Sentinel-2A di Muara Banjir Kanal Timur Semarang

Maulana Al Faridzie, Lilik Masluka*, Dwi Haryo Ismunarti, Anindya Wirasatriya

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Jacub Rais, Tembalang, Semarang, Jawa Tengah 50275 Indonesia
Email: lilik_masluka@yahoo.com

Abstract

Accuracy performance of Total Suspended Solid Algorithms using Sentinel-2A images in the mouth of Banjir Kanal Timur River, Semarang, Indonesia

Total suspended solids (TSS) are one of the variables that determine water quality and are one of the factors influencing the sedimentation process in estuarine waters. The use of conventional methods has high accuracy but is inefficient in terms of cost and time. One of the water quality monitoring (TSS) solutions is to use a TSS concentration prediction algorithm that is specific to each water. The purpose of this study was to test the accuracy performance of several algorithms from other waters when applied to the Estuary of Banjir Kanal Timur (BKT). The method used is water quality sampling of 100 stations which is carried out simultaneously with the passing time of the Sentinel-2A image. The data is then used as a reference for the TSS concentration value in the algorithm validation test for predicting TSS concentrations in the waters of the estuary of BKT. The prediction algorithms of TSS concentration used are Parwati, Wirasatriya, LEL, and Lemigas algorithms. The statistical parameters of MAPE, RMSE, and coefficient of determination (R^2) were used to test the error. The most appropriate algorithm for evaluating the field value is Wirasatriya's algorithm. The validation test is RMSE = 9.1694 and MAPE = 15.9984%. The resulting regression model between the best image prediction data (Wirasatriya) and field data obtained the coefficient of determination, $R^2 = 0.5441$. The TSS monitoring in the BKT estuary is recommended to use Wirasatriya's algorithm for Sentinel-2, proving its validity and/or creating a specific algorithm for the BKT estuary waters. Each region has unique characteristics, so it needs to be generated.

Keywords: Total Suspended Solid; Algorithm, Sentinel-2A, Semarang

Abstrak

Material padatan tersuspensi (MPT) merupakan salah satu variabel yang menentukan kualitas air dan menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi proses sedimentasi di perairan muara. Penggunaan metode secara konvensional memiliki akurasi tinggi, akan tetapi kurang efisien secara biaya dan waktu. Salah satu solusi pemantauan kualitas air (MPT) adalah menggunakan algoritma prediksi konsentrasi MPT yang sifatnya spesifik untuk masing-masing perairan. Tujuan penelitian ini adalah melakukan uji validasi untuk menentukan nilai error yang dihasilkan dari beberapa algoritma, apabila diaplikasikan pada perairan Muara Banjir Kanal Timur (BKT) Semarang. Metode yang digunakan adalah pengambilan sampel kualitas air sebanyak 100 stasiun yang dilaksanakan bersamaan dengan saat passing time citra Sentinel-2A. Data tersebut kemudian dijadikan acuan nilai konsentrasi MPT dalam menguji kinerja algoritma untuk prediksi MPT pada perairan Muara BKT. Algoritma prediksi konsentrasi MPT yang digunakan adalah algoritma Parwati, Wirasatriya, LEL, dan Lemigas. Pengujian error dilakukan dengan beberapa parameter statistik yaitu MAPE, RMSE, dan koefisien determinasi (R^2). Hasil algoritma yang terbaik terhadap nilai di lapangan adalah algoritma Wirasatriya, dengan nilai RMSE = 9,1694 dan MAPE = 15,9984%. Model regresi yang dihasilkan antara data prediksi citra terbaik (Wirasatriya) terhadap data lapangan didapatkan nilai koefisien determinasi, $R^2 = 0,5441$. Diharapkan untuk pemantauan MPT di muara BKT dan sekitarnya berdasarkan citra Sentinel 2, dapat menggunakan algoritma Wirasatriya yang telah terbukti lebih akurat dan (atau) dikembangkan algoritma baru yang lebih spesifik. Setiap wilayah memiliki karakteristik yang unik, sehingga pengembangan algoritma sangat diperlukan.

Kata kunci : Material Padatan Tersuspensi ; Algoritma; Sentinel-2A, Semarang

PENDAHULUAN

Sungai Banjir Kanal Timur Semarang merupakan salah satu sungai yang bermuara di Pantai Utara (Pantura) Jawa yang melintasi bagian timur Kota Semarang. Panjang daerah aliran sungai (DAS) Banjir Kanal Timur adalah sepanjang 14,25 km dengan debit air rata-rata yang dialirkan sebesar 295,33 liter/detik (Rahmadi *et al.*, 2021). Daerah aliran sungai Banjir Kanal Timur melintasi daerah padat pemukiman dan lokasi-lokasi industri, diantaranya adalah rusunawa Kaligawe, kawasan industri tekstil, bahan makanan, plastik, mebel dan lainnya (Wulandari, 2012). Muara sungai

merupakan bagian hilir sungai yang berinteraksi dengan perairan lepas secara langsung atau disebut dengan estuari. Selain itu, adanya run off sungai turut memengaruhi kandungan material yang terlarut dalam perairan (Usman, 2014). sehingga meningkatkan konsentrasi bahan organik yang terlarut dan pada akhirnya dapat merusak ekosistem perairan. Perairan Muara Banjir Kanal Timur merupakan daerah aliran sungai yang termasuk sungai tidak terjal dimana nilai kemiringan sungai nilainya mendekati 0%, hal tersebut semakin mendukung terjadinya sedimentasi akibat kecepatan aliran rendah dan masukan run off yang besar (Victoria *et al.*, 2018).

Sebelum dilakukan penanganan sedimentasi sebaiknya dilakukan pemantauan konsentrasi MPT untuk memprediksi tingkat sedimentasi yang terjadi. Menurut Qualifa *et al.* (2015), Konsentrasi MPT berkaitan dengan tingkat sedimentasi, dimana konsentrasi MPT yang melimpah mampu menunjukkan tingkat sedimentasi yang tinggi. Pengendapan terjadi akibat kondisi perairan lebih stabil atau tingkat pengadukannya lebih rendah. Pada perairan muara pengadukan yang terjadi di daerah muara lebih rendah dibandingkan pada DAS, sehingga pengendapan yang terjadi pada muara lebih besar dan mengakibatkan pendangkalan (Subardjo *et al.*, 2018). Pemantauan konsentrasi MPT dalam penanganan sedimentasi dapat dilakukan dengan memanfaatkan algoritma yang mampu merubah nilai reflektan menjadi nilai pendugaan konsentrasi MPT (Utami *et al.*, 2016). Pemanfaatan citra Sentinel-2 yang telah terkoreksi *Bottom of Atmospheric* (BOA) melalui sistem sensor satelit Sentinel-2A mampu mendefinisikan warna citra berdasarkan 12 panjang gelombang yang berbeda sehingga didapatkan 12 band yang dapat dikomposisikan dan dikembangkan dari analisa data lapangan untuk data sekunder (Esa, 2022). Selain Panjang gelombang yang berbeda, luasan citra atau resolusi spasial yang ditangkap masing-masing band juga berbeda dengan luasannya adalah 10-60 meter, jika dibandingkan dengan citra satelit lainnya ukuran resolusi spasial sentinel lebih unggul terutama dengan resolusi spasial 10 meter. Pemanfaatan resolusi spasial yang tinggi dapat memberikan akurasi yang lebih tinggi untuk menganalisis kondisi lingkungan dengan cakupan yang luas (Sinaga dan Suprayogi, 2018). Hasil reflektan dengan akurasi tinggi tersebut dapat diintegrasikan melalui *machine learning* maupun pemodelan statistik sederhana yang menghasilkan persamaan matematis untuk memprediksi konsentrasi MPT pada perairan, pemodelan tersebut dapat dilakukan karena sensor satelit mampu merekam data radiasi yang dihasilkan permukaan perairan mencakup sifat fisiokimia perairan (Saberioon *et al.*, 2020).

Konsentrasi MPT pada perairan dapat diprediksi dengan memanfaatkan citra satelit dengan memanfaatkan sifat optik perairan melalui algoritma yang telah dibangun. Menurut Liu *et al.* (2017), menjelaskan analisis data lapangan dengan citra satelit dari suatu perairan memiliki sifat optik yang nyata oleh material yang terkandung dalam perairan, terutama bahan organik dengan kandungan yang melimpah berdasarkan karakteristik warna. Kandungan yang dimaksud adalah material organik, fitoplankton, dan material padatan tersuspensi dalam perairan. Berdasarkan masing-masing karakteristik material tersebut secara optis dapat dilihat dengan panjang gelombang tertentu, sehingga mampu terdefiniskan melalui perhitungan matematis yang kemudian dikembangkan menjadi algoritma yang dapat digunakan untuk analisis kondisi perairan. Persamaan matematis telah dibangun oleh beberapa peneliti sebelumnya adalah persamaan Lemigas dalam Pahlevi *et al.* (2010) algoritma Lemigas yang dibangun memanfaatkan data nilai reflektan citra Landsat 7. Persamaan Parwati dan Purwanto, (2014) algoritma Parwati dibangun menggunakan data reflektan citra landsat 7 ETM. Persamaan LEL dalam Prasetyo *et al.*, (2019) memanfaatkan data reflektan citra Sentinel-2. Dan algoritma yang dibangun oleh Wirasatriya dalam Wirasatriya *et al.*, (2023) persamaan yang dibangun memanfaatkan data reflektan citra Sentinel 2. Penelitian ini bertujuan untuk menguji beberapa persamaan tersebut untuk mengetahui akurasi yang diberikan oleh masing-masing algoritma, sehingga diketahui algoritma terbaik untuk prediksi konsentrasi MPT pada perairan muara Banjir Kanal Timur Semarang.

MATERI DAN METODE

Materi penelitian dalam penelitian ini terdiri dari data primer, yaitu pengambilan sampel kualitas air laut sebanyak 100 stasiun yang dapat dilihat pada Gambar 1 berupa titik lokasi stasiun

dan hasil generate RGB neutral color citra Sentinel-2A yang telah dilakukan preprocessing citra Sentinel. Sampel air kemudian dilakukan metode filtering untuk mendapatkan konsentrasi MPT. Data sekunder yang digunakan adalah data reflektan citra Sentinel-2A yang diekstrak sesuai dengan koordinat stasiun sampel. Metode yang digunakan dalam penentuan lokasi titik sampel penelitian yakni menggunakan metode transek sampling pada 100 titik sampel dengan kedalaman air kurang dari 1 meter dan jarak antar stasiun adalah 200 meter. Penentuan lokasi pengambilan sampel kualitas air pada perairan muara BKT dikarenakan pada lokasi tersebut memiliki masukan sedimen yang tinggi dari hulu sungai.

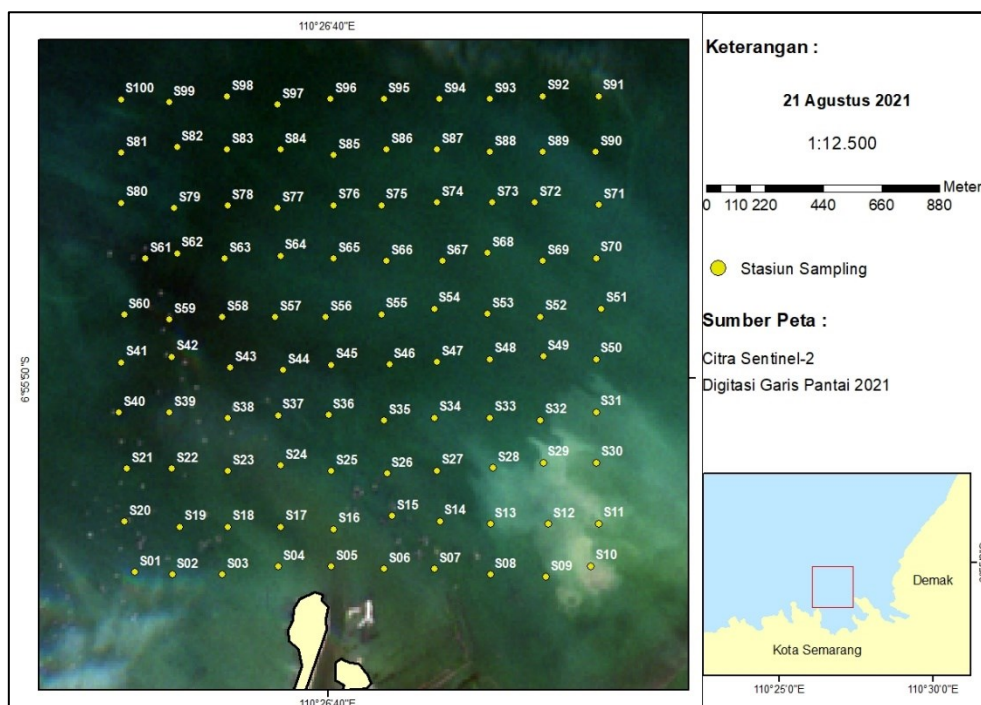
Sebelum proses analisis dimulai, kertas saring yang akan digunakan perlu dilakukan pengeringan dan penimbangan terlebih dahulu untuk mengetahui berat kertas saring awal. Proses penyaringan kemudian dilakukan dengan bantuan vacum pump. Nilai konsentrasi MPT dihitung menggunakan rumus :

$$MPT = \frac{(a - b)}{c} (\text{gram/liter})$$

Keterangan: a = berat kertas saring terfilter (gram); b = berat kertas saring awal (gram); c (liter) = volume air yang difilter, konsentrasi MPT dalam mg/L (Alaert dan Santika, 1987).

Pengolahan dilakukan menggunakan software SNAP (Sentinel Applications Platform). Dalam tahap pengolahan tidak dilakukan koreksi geometrik dan koreksi radiometrik, dikarenakan citra Sentinel 2A yang didownload memiliki jenis MSIL2A dimana citra tersebut telah terkoreksi secara geometric dan radiometric, dan nilai reflektansi bertipe Bottom of Atmosphere (Esa, 2022)

Menurut González *et al.*, (2022) langkah pengolahan citra Sentinel-2A secara runtut dimulai dengan *cropping* citra Sentinel-2 pengolahan ini ditujukan untuk membatasi cakupan wilayah yang dianalisis sehingga mempercepat proses pengolahan pada software dan memperkecil ukuran *file*. Kemudian, citra satelit dilakukan proses *resampling* untuk mengubah resolusi spasial masing-masing *band* menjadi 10 meter untuk meningkatkan dan menyamakan akurasi setiap *band*. Terakhir dilakukan proses *reprojection* proses ini dilakukan untuk mengoreksi posisi dan mengubah jenis proyeksi koordinat sehingga citra memiliki koordinat yang sesuai dengan posisi yang sebenarnya.



Gambar 1. Titik Sampling Lokasi Penelitian

Tabel 1. Referensi Algoritma yang digunakan

Algoritma	Persamaan
Wirasatriya	$MPT \text{ (mg/L)} = (1956.2 \times Rrs \text{ red}) - 50.056$
LEL	$MPT \text{ (mg/L)} = 3,7321 \times (\exp(12,543 \times (Rrs \text{ green} + Rrsred)))$
Lemigas	$MPT \text{ (mg/L)} = 10,6678 + (0,55085 \times Rrs \text{ red}) + (0,04563 \times (Rrs \text{ red}^2)) + (0,0097 \times Rrs \text{ green} \times Rrs \text{ Red})$
Parwati	$MPT \text{ (mg/L)} = 3,323 \times (\exp(12,543 \times (Rrs \text{ Green} + Rrs \text{ Red})))$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} (MPT_{obs} - MPT_{pre})^2}$$

$$MAPE = \left(\frac{1}{n}\right) \sum_{i=1}^n \left| \frac{MPT_{pre} - MPT_{obs}}{MPT_{pre}} \right| \times 100$$

Setelah pengolahan *preprocessing* citra Sentinel-2A dilakukan proses pemasukan algoritma menggunakan fitur *bandmath*, citra yang dihasilkan menunjukkan nilai konsentrasi prediksi berdasarkan masing-masing pixel. Data tersebut kemudian diekstraksi sesuai dengan lokasi stasiun pengambilan sampel untuk dilakukan evaluasi akurasi dengan data lapangan.

Algoritma yang digunakan adalah beberapa algoritma prediksi konsentrasi MPT konvensional yang dianggap memiliki tingkat keakuratan tinggi untuk diaplikasikan berdasarkan studi literatur. Pada penelitian (Prasetyo *et al.*, 2019) menunjukkan algoritma LEL yang memiliki tingkat akurasi cukup baik saat diaplikasikan pada citra Sentinel-2A. Sementara algoritma Parwati (Parwati dan Purwanto, 2014) dan algoritma Lemigas (Pahlevi *et al.*, 2010) merupakan percobaan pengaplikasian algoritma MPT yang dibentuk untuk citra Landsat 8 untuk diimplementasikan pada Sentinel-2A. Algoritma Wirasatriya (Wirasatriya *et al.*, 2023) merupakan algoritma peramalan konsentrasi MPT yang dihasilkan pada lokasi Muara Banjir Kanal Barat Semarang untuk citra Sentinel-2A dimana lokasi tersebut cenderung dekat dengan lokasi pengamatan.

Uji akurasi dilakukan dengan menggunakan pendekatan beberapa parameter statistik, yaitu uji koefisien determinasi, MAPE, dan RMSE. Pengujian akurasi digunakan rumus kesalahan relatif bias, Root Mean Square Error (RMSE) dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE), parameter tersebut menjadi acuan penentuan algoritma yang diaplikasikan untuk pemetaan konsentrasi MPT secara spasial dan temporal. Uji statistik metode RMSE memiliki interpretasi nilai semakin kecil mendekati nol maka model algoritma yang dihasilkan semakin baik (Wirasatriya *et al.*, 2023).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan observasi lapangan konsentrasi material padatan tersuspensi (MPT) di perairan Banjir Kanal Timur Semarang menunjukkan rentang nilai terendah dan tertinggi adalah 40,80 – 116 mg/L nilai terendah didapatkan pada stasiun 94 dan nilai tertinggi didapatkan pada stasiun 10 dapat dilihat pada Tabel 2 yang merupakan rangkuman hasil pengukuran konsentrasi MPT. Apabila dilihat menggunakan citra tampak dapat dilihat pada Gambar 1. Tepatnya pada stasiun 10 terlihat adanya penumpukan MPT akibat aktivitas penangkapan ikan yang mengakibatkan proses resuspensi yang ditandai warna kecoklatan pada hasil citra satelit.

Pola sebaran konsentrasi MPT secara spasial terdapat kesesuaian penumpukan konsentrasi MPT yang terdapat pada Gambar 2 berupa hasil interpolasi konsentrasi MPT. Kesesuaian pola sebaran dapat dilihat pada stasiun 10 dimana konsentrasi yang dihasilkan tinggi ditandai berwarna merah pada peta, kemudian konsentrasi MPT nilainya semakin berkurang semakin menuju perairan lepas. Hal tersebut sesuai dengan titik lokasi stasiun dengan konsentrasi terendah adalah stasiun 94 yang merupakan lokasi terjauh dari dari titik muara.

Hasil algoritma menunjukkan terdapat adanya perbedaan yang signifikan berdasarkan parameter statistik terhadap beberapa algoritma tertentu yang terdapat pada Tabel 2 yang merupakan tabel rangkuman hasil implementasi algoritma untuk memprediksi konsentrasi MPT berdasarkan nilai reflektan yang telah diekstraksi dari citra Sentinel-2A. Perbedaan yang sangat signifikan adalah rentang nilai observasi lapangan dengan algoritma Lemigas, dimana rentang nilai observasi berkisar pada 40 mg/L hingga 116,0 mg/L dan konsentrasi MPT rerata adalah 57,315 mg/L, sementara itu algoritma yang dihasilkan hanya berkisar 10,781 mg/L hingga 10,839 mg/L dan reratanya adalah 10,791 mg/L. Algoritma dengan hasil yang paling mendekati adalah algoritma Wirasatriya dengan rentang nilai 20,172 mg/L hingga 179,211 mg/L dengan konsentrasi rerata adalah 48,145 mg/L

Peninjauan lanjutan adalah dengan menguji tingkat kevalidan menggunakan parameter statistik yaitu perhitungan RMSE dan MAPE serta tingkat hubungan dengan koefisien determinasi (R^2). Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 3. Yang menunjukkan algoritma Wirasatriya memiliki tingkat error terkecil berdasarkan parameter statistik, akan tetapi tingkat hubungan terbaik terdapat pada algoritma LEL. Nilai yang dihasilkan oleh algoritma LEL memiliki rentang nilai yang masih kurang akurat apabila diimplementasi di perairan muara BKT Semarang. Namun secara hubungan yang didapatkan algoritma tersebut dapat menjadi referensi dalam pengamatan konsentrasi MPT di perairan Muara BKT. Parameter MAPE menurut Sumari *et al.*, (2017) dapat diinterpretasikan dengan beberapa klasifikasi dengan satuan % yaitu sangat akurat dengan nilai $MAPE < 10\%$, cukup akurat 10-20%, layak 20-50% dan $> 50\%$ tidak akurat. Target nilai MAPE yang dapat diterima adalah 0-20 % sehingga algoritma yang diimplementasikan memiliki hasil prediksi MPT yang akurat.

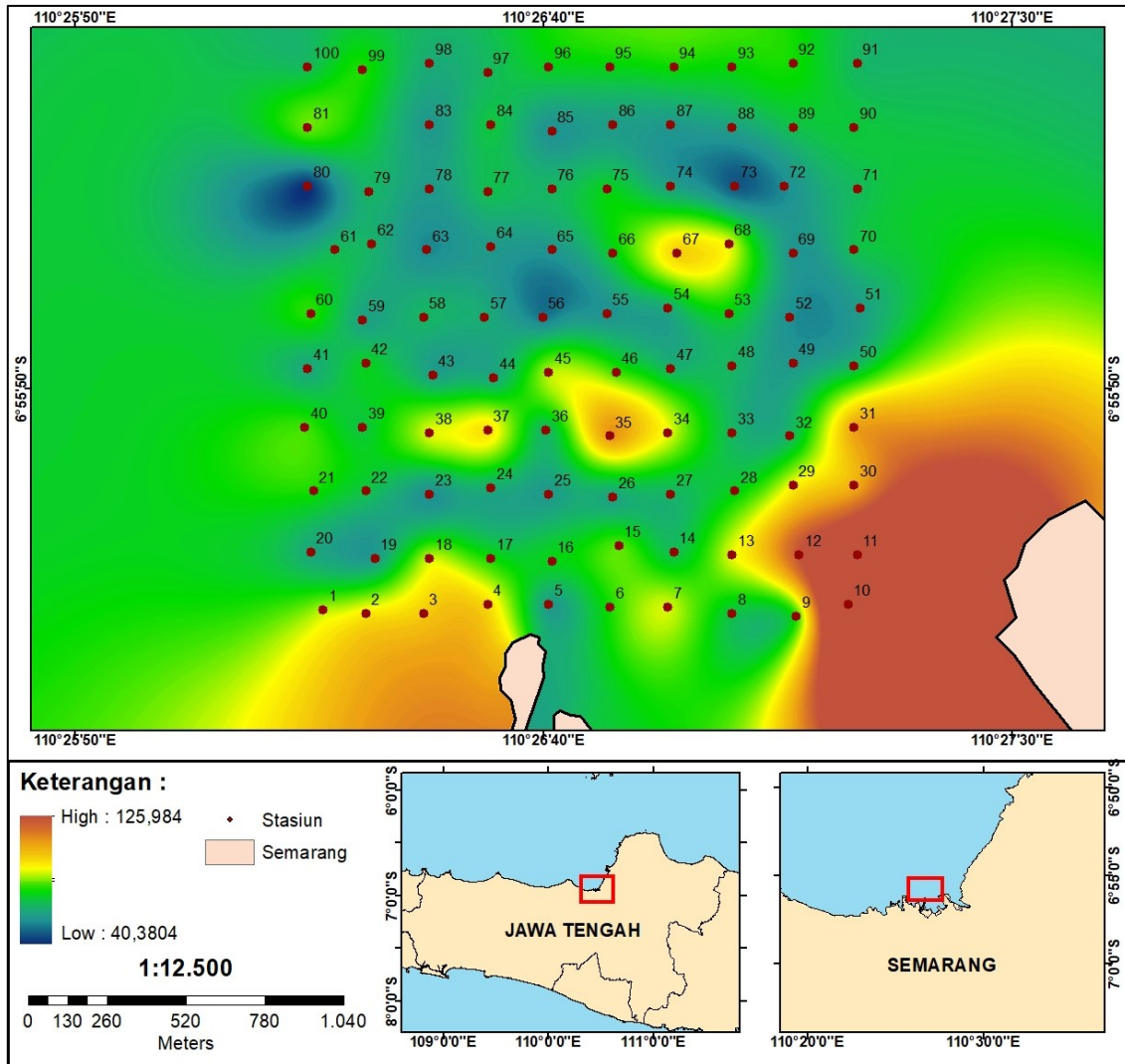
Hasil sebaran data dan kesesuaian algoritma dapat dilihat melalui hubungan dari regresi linear sehingga parameter tersebut dapat mempertimbangkan ada atau tidaknya kesesuaian algoritma prediksi MPT terhadap data konsentrasi MPT observasi lapangan. Hasil yang didapatkan berdasarkan regresi masing-masing algoritma diketahui algoritma Wirasatriya, LEL dan Parwati memiliki hubungan yang sesuai yang dapat dilihat dari arah garis regresi yang dibangun, dapat dijelaskan bahwa pada stasiun yang sama nilai yang dihasilkan memiliki sebaran yang sama antara data observasi maupun hasil algoritma. Berdasarkan Gambar 3. regresi linear terbaik ditunjukkan oleh algoritma LEL. Hal tersebut dipengaruhi oleh penggunaan band dalam pembangunan algoritma sehingga lebih sesuai dengan kondisi perairan muara BKT Semarang.

Tabel 2. Parameter Statistik Konsentrasi MPT

Ekstraksi Data	Parameter Statistik		
	Rerata (mg/L)	Min (mg/L)	Max (mg/L)
Observasi	57.315	40.800	116.000
Wirasatriya	48.145	20.172	179.211
LEL	21.793	13.999	88.484
Lemigas	10.791	10.781	10.839
Parwati	21.207	11.305	180.822

Tabel 3. Rentang Nilai Konsentrasi MPT

Parameter statistik	Algoritma			
	Wirasatriya	LEL	Lemigas	Parwati
MAPE	15,9984	61,9767	81,1721	62,9986
RMSE	9,1694	35,5217	46,5235	36,1074
R Square	0,5441	0,6096	0,5528	0,6016



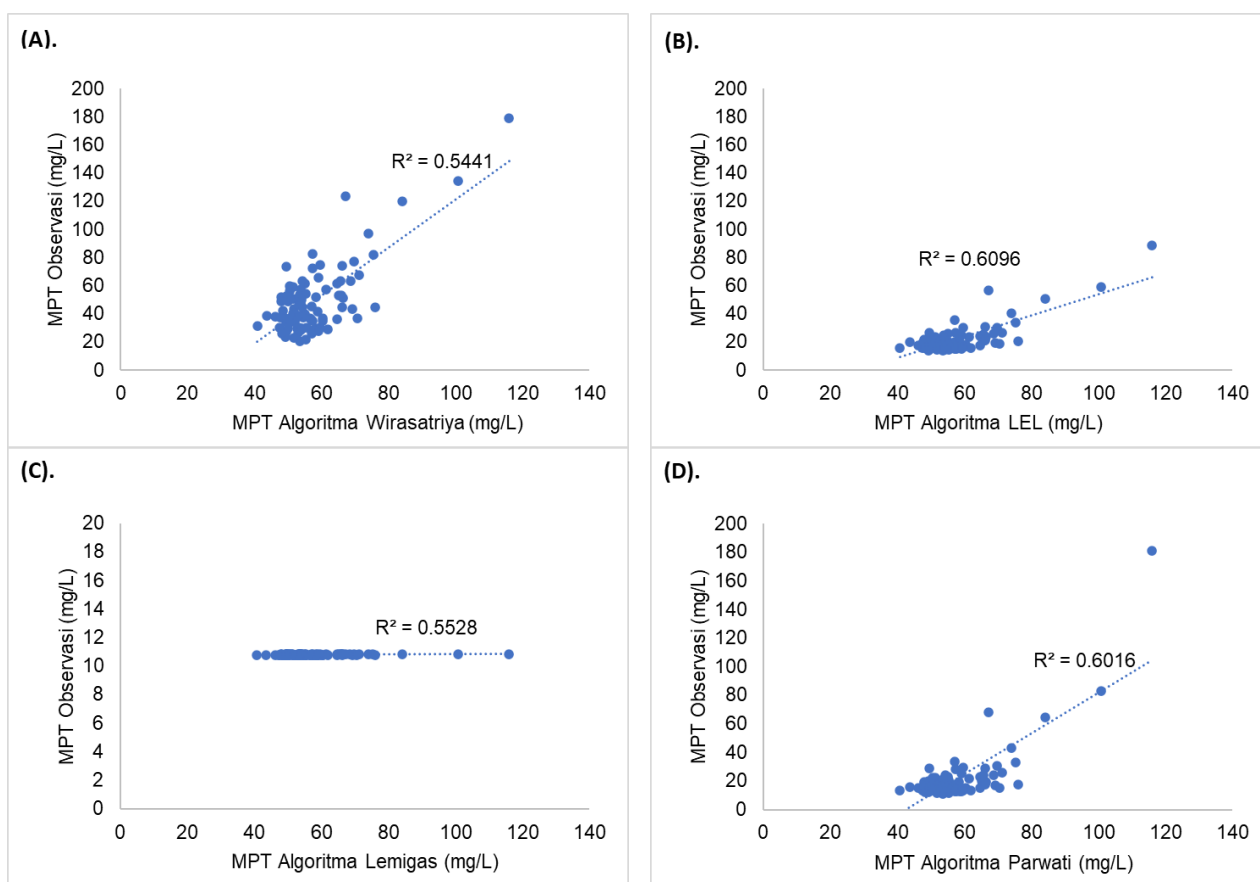
Gambar 2. Sebaran Spasial Konsentrasi MPT Observasi

Nilai R^2 pada Gambar 3. menjelaskan tingkat hubungan berdasarkan konsistensi sebaran data yang dihasilkan, apabila nilai R^2 yang dihasilkan mendekati nilai 1 data yang didapatkan semakin baik hubungannya (Sugiarti dan Megawarni, 2012). Data yang didapatkan pada algoritma LEL memiliki sebaran nilai yang lebih terpusat dengan nilai R^2 adalah 0,6069 yang menandakan tingkat hubungan kuat berdasarkan penelitian Ndruru *et al.*, (2014). apabila nilai $R^2 = 0,60 - 0,799$ data diinterpretasi sebagai hubungan kuat. Sebaran data dari populasi yang dihasilkan memiliki pola terpusat dengan beberapa nilai yang diluar dari rentang data, nilai tersebut diidentifikasi sebagai nilai dengan konsentrasi tinggi di beberapa stasiun. Hasil yang didapatkan pada Gambar 3 juga menjelaskan hubungan yang terjadi yaitu pada algoritma Wirastria, LEL, dan Parwati menunjukkan hubungan yang positif, sementara algoritma Lemigas memiliki pola mendatar hal tersebut terjadi akibat nilai prediksi yang dihasilkan rentang nilainya sangat kecil. Hubungan Positif pada regresi dijelaskan oleh Pratama *et al.*, (2019), sebagai hubungan antara dua variabel memiliki keterkaitan yaitu semakin besar variabel X, maka variabel Y akan semakin besar hasilnya.

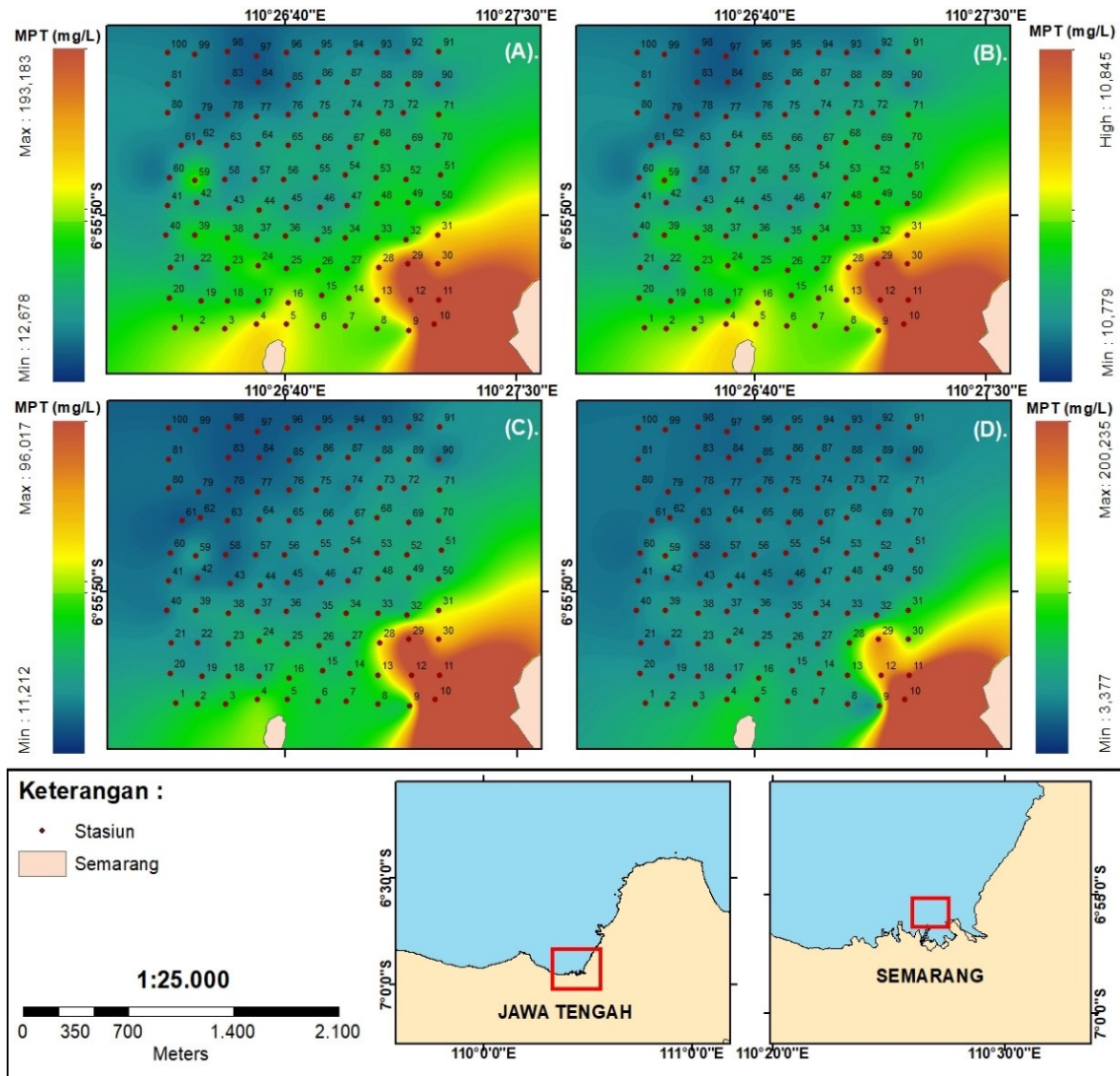
Berdasarkan Gambar 4 berupa pola sebaran konsentrasi MPT secara spasial diketahui pola sebaran yang dihasilkan dominan adalah sama, perbedaan yang dihasilkan sangat minor. Akan tetapi rentang konsentrasi yang dihasilkan memiliki perbedaan dari masing-masing algoritma. Pola sebaran spasial menunjukkan adanya kesesuaian dimana pada stasiun 10 terlihat konsentrasi MPT

sangat pekat ditandai oleh warna merah sementara pada lepas muara stasiun 91-100 dominasi warnanya mulai berubah menjadi kebiruan yang menandakan konsentrasi MPT lebih rendah. Hasil yang didapatkan dapat ditinjau dengan Gambar 2. yang merupakan sebaran spasial konsentrasi MPT observasi. Sebaran konsentrasi yang dihasilkan sesuai dengan kondisi normal perairan yaitu konsentrasi MPT pada muara memiliki nilai konsentrasi MPT yang lebih tinggi, kemudian konsentrasi MPT akan semakin berkurang semakin menjauh dari muara (Marwoto *et al.*, 2021). Rentang warna konsentrasi MPT hasil algoritma yang memiliki kesesuaian signifikan terhadap konsentrasi MPT observasi terdapat pada algoritma Wirasatriya dengan rentang biru-merah yaitu 12,676 - 193,183 mg/L. Sementara itu rentang nilai konsentrasi observasi lapangan adalah 40,80 - 116,00 mg/L. Hasil yang didapatkan oleh algoritma Wirasatriya masih memungkinkan terdapat nilai yang berbeda dapat berupa under estimate maupun over estimate. Rentang nilai hasil observasi dan prediksi pada beberapa algoritma memiliki kesesuaian nilai pada peneliti terdahulu oleh Hutasuhut *et al.*, (2022) menggunakan pendekatan pemodelan spasial, rentang nilai pemodelan Konsentrasi MPT yang dihasilkan pada perairan muara Banjir Kanal Timur Semarang berkisar 40 hingga 90 mg/L.

Konsentrasi MPT observasi memiliki pola sebaran yang menunjukkan konsentrasi tinggi berada pada perairan yang berada di dekat mulut muara. Fenomena tersebut sesuai dengan penyebab meningkatnya konsentrasi MPT yaitu adanya arus sungai atau debit masuk yang membawa sedimen pantai dari pesisir atau muara menuju perairan lepas (Prasetyo *et al.*, 2019). Sebaran konsentrasi MPT secara spasial menunjukkan konsentrasi MPT lebih pekat pada pesisir perairan dan konsentrasi berkurang semakin menuju perairan lepas. Pola sebaran spasial tersebut sesuai dengan kondisi normal yaitu konsentrasi MPT berkurang semakin mengarah laut lepas (Utama *et al.*, 2021).



Gambar 3. Regresi Linear Konsentrasi MPT Observasi terhadap (A). Algoritma Wirasatriya, (B). Algoritma LEL, (C). Algoritma Lemigas, dan (D). Algoritma Parwati



Gambar 4. Sebaran Spasial Konsentrasi MPT dengan Algoritma (A). (B). (C). (D).

Selain itu, saat pengambilan sampel di lapangan terdapat proses pengadukan yang diakibatkan oleh aktivitas penangkapan ikan sehingga perairan lebih keruh pada stasiun 10 dapat dilihat pada Gambar 1. Adanya aktivitas tersebut memengaruhi sifat optis perairan sehingga mengakibatkan perubahan warna yang pada akhirnya akan memengaruhi nilai reflektan yang direkam oleh citra Sentinel-2A. Kondisi tersebut sesuai dengan pernyataan Liu *et al.*, (2017) yang menjelaskan sifat optis perairan dapat dimanfaatkan sebagai metode alternatif dalam pengukuran kualitas perairan termasuk parameter MPT, sehingga dengan adanya fenomena tersebut menyebabkan perubahan nilai konsentrasi yang terdapat pada hasil akhir algoritma. Menurut Ouma *et al.*, (2020), terdapat faktor yang mampu memberikan dampak signifikan adalah kondisi geografik perairan dalam pembuatan algoritma harus sesuai dengan kondisi perairan implementasi, apabila hendak dimanfaatkan untuk diimplementasi pada perairan dengan kondisi perairan yang berbeda maka perlu perubahan koefisien agar sesuai dengan kondisi perairan. Pengambilan sampel kualitas air dilakukan pada saat citra Sentinel-2A melakukan perekaman yaitu pada pukul 09.30 WIB, sehingga hasil yang didapatkan dapat merepresentasikan kondisi perairan saat pengambilan citra Sentinel-2A. Pengambilan data secara bersamaan dengan waktu perekaman citra Sentinel 2 mampu memberikan interpretasi data melalui konversi melalui algoritma (Rahman *et al.*, 2021).

Hasil uji validasi menunjukkan algoritma Wirasatriya memiliki nilai koefisien determinasi yang lebih kecil ($R^2 = 0,5441$) dibandingkan dengan algoritma LEL ($R^2 = 0,6096$), dimana nilai koefisien determinasi mendekati nilai 1 maka hubungan yang dihasilkan akan semakin kuat (Ndruru *et al.*, 2014). Akan tetapi, error yang dihasilkan dari algoritma LEL lebih besar yaitu RMSE = 35,5217 dan MAPE = 61,9767%. Sehingga untuk pemantauan konsentrasi MPT pada perairan Muara BKT Semarang sebaiknya menggunakan algoritma Wirasatriya dengan RMSE = 9,1694 dan MAPE = 15,9984%. Hasil prediksi konsentrasi MPT dengan algoritma Wirasatriya memberikan nilai MAPE yang cukup untuk bisa digunakan pada perairan Muara BKT Semarang, kondisi tersebut disebabkan kombinasi warna perairan pada penelitian sebelumnya memiliki kesamaan dengan perairan Muara BKT Semarang (Sholihah *et al.*, 2016). Berdasarkan sebaran data yang dihasilkan algoritma Wirasatriya memiliki rentang nilai yang lebih sesuai dapat dilihat pada Gambar 3. Yang menunjukkan hubungan positif dengan rentang yang hampir sesuai dengan konsentrasi MPT observasi. Kaitannya dengan nilai R^2 pada algoritma Wirasatriya memiliki nilai yang lebih kecil dapat dipengaruhi oleh jumlah band yang digunakan yaitu single band dari band 4, sementara itu algoritma LEL memiliki tingkat hubungan yang lebih tinggi dikarenakan menggunakan kombinasi dual band yaitu Band 3 dan band 4 yang lebih sesuai dengan perairan karena dalam citra tampak neutral color RGB dominasi warnanya adalah hijau kecoklatan.

KESIMPULAN

Nilai konsentrasi MPT pada perairan Muara Banjir Kanal Timur hasil observasi lapangan sebanyak 100 stasiun memiliki rentang konsentrasi 40,80 – 116 mg/L dan rata-rata konsentrasi MPT yang didapatkan adalah 57,135 mg/L, dimana pengambilan sampel tersebut dilakukan saat waktu passing time satelit Sentinel-2A pada 21 Agustus 2021. Hasil Pengolahan uji kevalidan beberapa algoritma dapat disimpulkan algoritma Wirasatriya memiliki tingkat error yang kecil dibandingkan algoritma lainnya untuk diimplementasi pada perairan Muara BKT Semarang dengan nilai RMSE = 9,1694 dan MAPE = 15,9984%, sementara itu nilai koefisien determinasi bernilai $R^2 = 0,5441$ yang dapat diinterpretasi tingkat hubungan cukup baik. Selain itu karakteristik perairan Muara BKT lebih rasional menggunakan gabungan band 3 dan band 4, hal tersebut dibuktikan oleh tingkat hubungan lebih baik dengan algoritma LEL yang memanfaatkan dual band dengan nilai koefisien determinasi $R^2 = 0,6096$. Pola sebaran spasial yang dihasilkan oleh masing-masing algoritma memiliki pola sebaran yang sama, perbedaan masing-masing algoritma terletak pada rentang nilai yang dihasilkan oleh masing-masing algoritma. Berdasarkan rentang nilai algoritma Wirasatriya memiliki rentang nilai konsentrasi MPT yang lebih sesuai dengan kondisi lapangan, dimana rentang nilai konsentrasi yang dihasilkan algoritma Wirasatriya berkisar 20,172 – 179,211 mg/L.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Deputi Bidang Penguatan Riset dan Pengembangan Kementerian Riset dan Teknologi/Badan Riset dan Inovasi Nasional serta Dekan FPIK Universitas Diponegoro. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian No. 257-16/UN7.6.1/PP/2021 dan dilanjutkan danah hibah dari FPIK UNDIP No. 41/UN7.F10/PP/III/2023.

DAFTAR PUSTAKA

- Esa. 2022. Data Quality Report Sentinel-2 MSI L2A May (2022). Sentinel Online -Data Product Quality Reports, December. <https://sentinels.copernicus.eu/web/sentinel/data-product-quality-reports>
- González, J., Urrego, E. P., Sòria-Perpinyà, X., Angelats, E., Alcaraz, C., Delegido, J., Ruíz-Verdú, A., Tenjo, C., Vicente, E., & Moreno, J. (2022). Towards the Combination of C2RCC Processors for Improving Water Quality Retrieval in Inland and Coastal Areas. *Remote Sensing*, 14(5), 1-24. doi: 10.3390/rs14051124
- Hutasuhut, A., Ismanto, A., Rochaddi, B., Maslukah, L., & Widiaratih, R. (2022). Sediment Suspension Distribution Models in East Canal Flood Estuary Waters, Semarang, Central Java, Indonesia. *Tropical Aquatic and Soil Pollution*, 2(2), 76–89. doi: 10.53623/tasp.v2i2.93

- Liu, H., Li, Q., Shi, T., Hu, S., Wu, G., & Zhou, Q. (2017). Application of Sentinel 2 MSI Images to Retrieve Suspended Particulate Matter Concentrations in Poyang Lake. *Remote Sensing*, 9(7), 761-780. doi: 10.3390/rs9070761
- Marwoto, J., Windyartanti, O., & Muslim, M. (2021). Pengaruh Padatan Tersuspensi terhadap Konsentrasi Klorofil-a dan Fosfat Inorganik Terlarut di Muara Banjir Kanal Barat, Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(2), 223-231. doi: 10.14710/jkt.v24i2.10703
- Ndruru, E., Situmorang, M. & Tarigan, G. (2014). Analisa Faktor-Faktor yang mempengaruhi Hasil Produksi Padi di Deli Serdang. *Saintia Matematika*, 2(1), 71-83.
- Ouma, Y.O., Noor, K., & Herbert, K. (2020). Modelling Reservoir Chlorophyll- a, TSS, and Turbidity Using Sentinel-2A MSI and Landsat-8 OLI Satellite Sensors with Empirical Multivariate Regression. *Journal of Sensors*, 2020, 1-21. doi: 10.1155/2020/8858408
- Pahlevi, Maulidyan, A. & Wiweka. (2010). Pembuangan Lumpur Lapindo Menggunakan Data Citra Aster. *Jurnal Ilmiah Geomatika*. 16(2), 23-42.
- Parwati, E., & Purwanto, A.D. (2014). Analisis Algoritma Ekstraksi Informasi TSS Menggunakan Data Landsat 8 di Perairan Berau. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014*, p.518-528.
- Prasetyo, B. A., Rochaddi, B., & Satriadi, A. (2019). Aplikasi Citra Sentinel-2 untuk Pemetaan Sebaran Material Padatan Tersuspensi Di Muara Sungai Wulan Demak. *Journal of Marine Research*, 8(4), 379-386. doi: 10.14710/jmr.v8i4.25193
- Pratama, I.G.M.Y., Karang, I.W.G.A., & Suteja, Y. (2019). Distribusi Spasial Kerapatan Mangrove Menggunakan Citra Sentinel-2a Di Teluk Benoa, Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*, 5(2), 192-202.
- Qualifa, F., Atmodjo, W., & Marwoto, J. (2015). Sebaran Material Padatan Tersuspensi di Perairan Muara Sungai Ketiwon, Tegal. *Indonesian Journal of Oceanography*. 5(1), 60-66
- Rahmadi, N., Widada, S., Marwoto, J., Atmodjo, W., & Widiaratih, R. (2021). Studi Sebaran Sedimen Dasar di Perairan Sungai Banjir Kanal Timur Semarang, Jawa Tengah. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(3), 286-294. doi: 10.14710/ijoce.v3i3.11707
- Rahman, A., Astuti, L.P., Warsa, A., & Sentosa, A.A. (2021). Prediksi Tingkat Kekeuhan (Turbiditas) Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2a Di Waduk Jatiluhur, Jawa Barat. *Jurnal Sumber Daya Air*, 17(2), 59-68. doi: 10.32679/jsda.v17i2.697
- Subardjo, P., Suryo, A.A.D., Pratikno, I., Handoyo, G., & Diani, K.P. (2018). Distribusi Material Padatan Tersuspensi di Muara Sungai Sambas, Kalimantan Barat. *Buletin Oseanografi Marina*, 7(1), 22. doi: 10.14710/buloma.v7i1.19035
- Sugiarti, H., & Megawarni, A. (2012). Konsistensi Koefisien Determinasi Sebagai Ukuran Kesesuaian Model Pada Regresi Robust. *Jurnal Matematika Sains dan Teknologi*, 13(2), 65-72.
- Saberioon, M., Brom, J., Nedbal, V., Souček, P., & Císar, P. (2020). Chlorophyll-a and total suspended solids retrieval and mapping using Sentinel-2A and machine learning for inland waters. *Ecological Indicators*, 113, p.106236. doi: 10.1016/j.ecolind.2020.106236
- Sholihah, I., Jaelani, L.M., & Tarigan, S. (2016). Analisis Sebaran Padatan Tersuspensi dan Transparansi Perairan Menggunakan Landsat 8 (Studi Kasus : Perairan Bintan, Kepulauan Riau). *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), 5-8. doi: 10.12962/j23373539.v5i2.17175
- Sinaga, S. H., Suprayogi, A., & Haniah, H. (2018). Analisis Ketersediaan Ruang Terbuka Hijau Dengan Metode Normalized Difference Vegetation Index Dan Soil Adjusted Vegetation Index Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2a (Studi Kasus : Kabupaten Demak). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), 202-211.
- Sumari, A.D.W., Musthafa, M.B., Ngatmari, & Putra, D.R.H. (2017). Perbandingan Kinerja Metode-Metode Prediksi pada Transaksi Dompot Digital di Masa Pandemi. *Rekayasa Sistem Dan Teknologi Informasi*, 4(4), 642-647.
- Usman, K.O. (2014). Analisis Sedimentasi pada Muara Sungai Komering Kota Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 2(2), 209-215.
- Utama, I.M.R.P., Maslukah, L., & Wulandari, S.Y. (2021). Sebaran Konsentrasi Material Padatan Tersuspensi dan Fosfat di Perairan Semarang, Jawa Tengah. *Journal of Marine Research*, 10(1), 89-96. doi: 10.14710/jmr.v10i1.28533
- Utami, F. P., Prasetyo, Y., & Sukmono, A. (2016). Analisis Spasial Perubahan Luasan Mangrove Akibat Pengaruh Limpasan Sedimentasi Tersuspensi dengan Metode Penginderaan Jauh (Studi Kasus : Segara Anakan Kabupaten Cilacap, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 5(1), 305-315.

- Victoria, C.E., Hutapea, I.B., Salamun, S., & Sugiyanto, S. (2018). Perencanaan Perbaikan Muara Sungai Banjir Kanal Timur Semarang. *Jurnal Karya Teknik Sipil*. 7(1), 189-209
- Wirasatriya, A., Maslukah, L., Indrayanti, E., & Yusuf, M. (2023). Seasonal variability of Total Suspended Sediment off the Banjir Kanal Barat River, Semarang, Indonesia estimated from Sentinel-2 images. *Regional Studies in Marine Science*, 57, 102735. doi: 10.1016/j.rsma.2022.102735
- Wulandari, S.Y. (2012). Status Perairan Banjir Kanal Timur Semarang Ditinjau dari Kadar Logam Berat Chromium dalam Air, Sedimen, dan Jaringan Lunak Kerang Darah (*Anadara granossa*). *Buletin Oseanografi Marina*, 1(3), 1-7.