

Sebaran Material Padatan Tersuspensi Berdasarkan Data Citra Sentinel-2 di Perairan Tanjung Jati, Jepara

Dhany Ajiperwata*, Elis Indrayanti, Baskoro Rochaddi

Departemen Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro.
Jl. Prof. H. Soedarto, S.H, Tembalang, Kota Semarang, 50275 Telp/fax (024)747469
Email: dhanyajiperwata@students.undip.ac.id

Abstract

Total Suspended Solid Distribution in Tanjung Jati Waters, Jepara Based on Sentinel-2 Data

Tanjung Jati waters are located around the Tanjung Jati Coal Fired Power Plant, Jepara. Burning coal as a fuel for power plant produces fly and bottom ash, which can affect the concentration of total suspended solid (TSS). This study aims to determine the distribution of TSS based on Sentinel-2 level 2A imagery data of Tanjung Jati waters, Jepara. TSS data from field survey, TSS, and Reflectance Remote Sensing (RRS) data from the Copernicus Sentinel site on 25 October 2021 with a resolution of 10 m were used in this study. Processing data using the algorithm of Lemigas, Budhiman, Parwati, Laili, and developing a new algorithm with a regression function method to estimate TSS concentration. The distribution pattern of TSS in Tanjung Jati Waters, Jepara has a high concentration in areas near land and decreases towards the open sea. The Root Mean Square Error (RMSE) value is 2.704 mg/l, it can be concluded that the proposed algorithm is suitable for describing the distribution of TSS concentrations in Tanjung Jati waters, Jepara. Observation of the distribution of TSS can be used for further analysis to determine sedimentation patterns and water quality.

Keywords: Remote Sensing, Sentinel-2, Total Suspended Solid, Tanjung Jati Waters

Abstrak

Perairan Tanjung Jati merupakan perairan yang berada di sekitar area PLTU Tanjung Jati, Jepara. Batu bara sebagai bahan bakar untuk kebutuhan PLTU menghasilkan fly dan bottom ash yang dapat mempengaruhi konsentrasi material padatan tersuspensi (MPT) di perairan sekitarnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sebaran MPT di Perairan Tanjung Jati, Jepara berdasarkan data citra Sentinel-2 Level 2A. Data yang digunakan dalam penelitian meliputi data MPT hasil pengukuran lapangan, data MPT dan Reflectance Remote Sensing (RRS) dari situs sentinel copernicus tanggal 25 Oktober 2021, dengan resolusi 10 m. Pengolahan data menggunakan algoritma Lemigas, Budhiman, Parwati, Laili, dan pengembangan algoritma baru dengan metode regresi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pola sebaran MPT di Perairan Tanjung Jati, Jepara memiliki konsentrasi tinggi pada daerah dekat daratan dan semakin berkurang menuju laut lepas. Nilai RMSE sebesar 2,704 mg/l, hal ini menunjukkan bahwa formula algoritma usulan yang diperoleh sesuai untuk menggambarkan sebaran konsentrasi MPT di perairan Tanjung Jati, Jepara. Hasil sebaran MPT ini dapat digunakan dalam analisa lebih lanjut untuk mengetahui pola sedimentasi dan penilaian kualitas air.

Kata kunci : Material Padatan Tersuspensi, Perairan Tanjung Jati, Sentinel-2, Penginderaan Jauh

PENDAHULUAN

Perairan Tanjung Jati merupakan perairan di sekitar PLTU Tanjung Jati, Jepara yang menjadi bagian alur transportasi suplai batubara untuk kebutuhan bahan bakar PLTU (Rochaddi *et al.*, 2021). Proses pembakaran batu bara sebagai bahan bakar untuk PLTU akan menghasilkan fly dan bottom ash yang dapat mempengaruhi konsentrasi Material Padatan Tersuspensi (MPT) di perairan sekitarnya. MPT adalah partikel-partikel yang melayang dalam air, terdiri dari komponen hidup dan komponen mati. Partikel yang tidak terlarut seperti pasir, lumpur, tanah, dan bahan kimia organik dan anorganik menjadi bentuk bahan tersuspensi di dalam air. Konsentrasi MPT yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kekeruhan air dan menghambat masuknya cahaya ke dalam perairan sehingga proses fotosintesis terganggu (Wang *et al.*, 2017; Said dan Yudo, 2021). Apabila proses fotosintesis terganggu akan berpengaruh pada menurunnya kadar oksigen dan tingkat kesuburan perairan.

Pada penelitian ini data citra yang digunakan adalah data citra Sentinel-2 Level 2A yang merupakan satelit dari program *European Space Agency* (ESA) Copernicus dengan orbit polar yang diluncurkan pada tahun 2015. Keunggulannya merupakan satelit penginderaan jauh dengan sensor pasif multispektal yang mempunyai 13 band (4 band beresolusi 10 m, 6 band beresolusi 20 m, dan 3 band bereolusi spasial 60 m) dengan area sapuan 290 km (Gatti and Bertolini, 2015). Pemetaan sebaran MPT umumnya diperoleh melalui pengukuran secara langsung di lokasi penelitian yang dikaji. Namun dengan semakin berkembangnya teknologi, pemanfaatan data citra Sentinel-2 menjadi alternatif yang lebih efisien dan efektif untuk memetakan sebaran MPT (Caballero *et al.*, 2018; Nguyen *et al.*, 2020, Hafeez *et al.*, 2022). Disamping dapat mencakup area yang luas, pengamatan juga dapat dilakukan secara periodik.

Aplikasi data citra Sentinel-2 untuk pengamatan MPT di area pantai utara Jawa Tengah sudah pernah dilakukan diantaranya oleh Prasetiyo *et al.* (2019) yaitu memetakan sebaran MPT di muara Sungai Wulan, Demak dengan mengembangkan algoritma baru yang dibangun dengan metode regresi. Konsentrasi MPT relatif rendah di muara Sungai Wulan dan konsentrasi tertinggi terdapat di arah timur muara sungai atau daerah yang berupa teluk. Prayoga dan Barus (2021) di Delta Wulan, Demak, Jawa Tengah, melaporkan bahwa konsentrasi MPT di sekitar Delta Wulan relatif tinggi, konsentrasi tertinggi terdapat di arah barat muara sungai atau di daerah yang berupa delta. Selanjutnya Milenia *et al.* (2021) menggunakan algoritma Budhiman untuk memetakan sebaran MPT di perairan Muara Sungai Banjir Kanal Barat, Kota Semarang, hasil penelitian menyimpulkan bahwa algoritma kurang sesuai diterapkan pada pendugaan MPT di daerah kajian.

Algoritma MPT dikembangkan berdasarkan data MPT hasil pengukuran lapangan dan data reflektan, dimana algoritma ini tidak selalu memberikan nilai estimasi yang sesuai ketika diaplikasikan pada area kajian yang berbeda. Sehingga untuk tiap area kajian yang baru, umumnya mengembangkan kembali algoritma baru untuk menduga persebaran nilai TSS di wilayah kajian tersebut (Kurniadin dan Maria, 2020). Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi sebaran MPT di Perairan Tanjung Jati, Jepara berdasarkan data citra Sentinel-2 dengan mengembangkan algoritma baru menggunakan metode regresi. Selanjutnya algoritma ini digunakan untuk mengestimasi konsentrasi MPT. Hasil penelitian ini dapat digunakan dalam analisa lanjutan yang berkaitan dengan laju sedimentasi dan penilaian kualitas suatu perairan.

MATERI DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Perairan Tanjung Jati, Jepara dengan batas bujur timur 110°42'30"E sampai 110°45'50"E dan batas lintang selatan 6°26'40"S sampai 6°25'25"S. Lokasi pengambilan sampel MPT adalah 10 lokasi yang ditentukan dengan pertimbangan dapat mewakili daerah kajian. Stasiun 1, 2, 7, dan 8 mewakili area yang dekat dengan daratan, dan stasiun 3, 4, 5, 6, 9, dan 10 mewakili area laut (Gambar 1). Pengambilan sampel dengan menerapkan *passing time* dari satelit Sentinel-2 yang melewati perairan Jepara pada pukul 10.00 WIB, sehingga pengambilan sampel dilakukan pada pukul 8.00-12.00 WIB pada tanggal yang sama dengan *passing date* satelit yaitu 25 Oktober 2021. Selain data MPT hasil pengukuran, data yang digunakan adalah Peta Rupa Bumi Indonesia Tahun 2021.

Metode Pengambilan dan Pengolahan Sampel MPT

Sampel MPT diambil menggunakan botol Nansen pada kedalaman 0.2 d dengan kedalaman rerata sebesar 1.5 m, selanjutnya dianalisis menggunakan metode gravimetri. Perhitungan MPT menurut Alaerts dan Santika (1984), sebagai berikut:

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

Keterangan: a = berat kertas saring dan residu sesudah pemanasan (gr); b = berat kertas saring sesudah pemanasan (gr); c = volume sampel air (L)

Metode Pengolahan Data MPT dari Citra Sentinel-2 Level 2A

Data MPT diunduh dari website <http://marine.copernicus.eu/> perekaman tanggal 25 Oktober 2021 dengan total periode data penelitian 1 hari dan resolusi 10 m. Untuk memberikan nilai nol pada objek yang bukan berupa laut perlu adanya pemisahan objek (*masking*) antara perairan dan daratan yang bertujuan agar nilai spektral yang digunakan dalam proses interpretasi tidak dipengaruhi oleh nilai spektral dari daratan. *Masking* dilakukan dengan menggunakan kanal Near Infrared (NIR).

Proses pengolahan data citra untuk memberikan tampilan yang lebih informatif perlu dilakukan penajaman citra. Penajaman citra dilakukan dengan mentransformasikan nilai spektral menjadi konsentrasi material padatan tersuspensi menggunakan formula yang diturunkan dari algoritma empiris. Algoritma referensi yang digunakan dalam penelitian ini adalah algoritma Lemigas (1997), algoritma Budhiman (2004) dengan studi kasus di Delta Mahakam, Kalimantan Timur, algoritma Parwati (2014) dengan studi kasus di Perairan Berau, Kalimantan Timur dan algoritma Laili (2015) dengan studi kasus di Perairan Poteran, Jawa Timur.

Metode Untuk Pengembangan Algoritma Baru

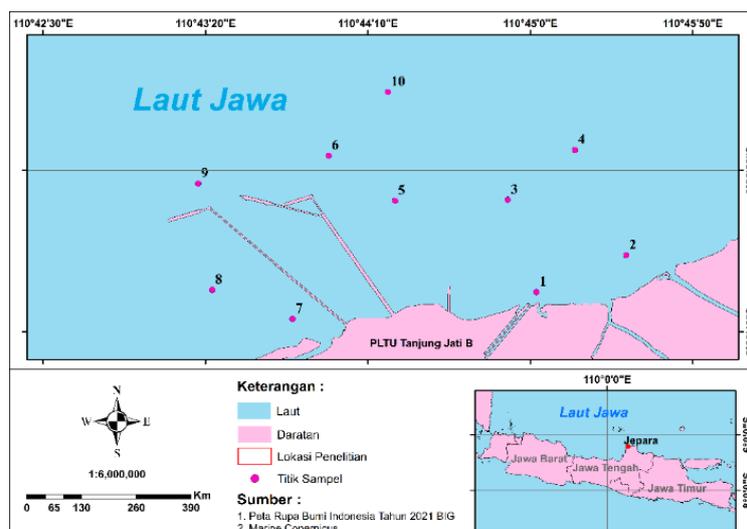
Algoritma baru dalam hal ini adalah algoritma yang dibangun dengan metode regresi menggunakan persamaan yang diperoleh dari nilai determinasi (R^2) terbaik. Analisis regresi antar nilai reflektan piksel pada kanal diuji dengan data MPT pengukuran lapangan (Perairan Tanjung Jati, Jepara). Kanal yang digunakan yaitu kanal biru, hijau, dan merah yang terdiri atas kanal tunggal dan kombinasi masing-masing kanal.

Uji Validasi

Validasi data citra merupakan proses statistik untuk membandingkan data hasil model dengan data lapangan. Nilai kesalahan dihitung dengan menggunakan rumus RMSE (Nugroho, 2013), berikut :

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (X_m - X_e)^2}$$

Keterangan: X_e = Nilai hasil pengukuran lapangan yang dianggap benar; X_m = Nilai hasil pengolahan; n = Jumlah data



Gambar 1. Lokasi Penelitian Perairan Tanjung Jati, Jepara

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perbandingan nilai konsentrasi MPT hasil pengukuran lapangan dan hasil analisa citra pada masing-masing algoritma disajikan pada Tabel 1. Hasil MPT dari algoritma referensi menunjukkan nilai yang berbeda dengan MPT hasil pengukuran lapangan. Dari Tabel 2 terlihat perbedaan hasil konsentrasi nilai MPT, hal ini dikarenakan perbedaan wilayah studi yang digunakan. Menurut (Kurniadin & Maria, 2020; Hadi *et al*, 2021) umumnya model empiris yang dibangun dari satu penelitian di daerah lain dapat berbeda untuk menganalisis objek yang sama. Disamping itu kondisi air yang dinamis dan karakteristik perairan juga bisa secara signifikan mempengaruhi hasil konsentrasi MPT (Indeswari *et al*, 2018). Hal ini juga didukung dari hasil penelitian Milenia *et al*, (2021) tentang sebaran MPT di perairan Muara Sungai Banjir Kanal Barat, Kota Semarang yang diestimasi menggunakan algoritma Budhiman menunjukkan hasil yang kurang sesuai. Algoritma Budhiman (2004) dibangun untuk studi kasus di Delta Mahakam, Kalimantan Timur.

Pengembangan Algoritma Baru

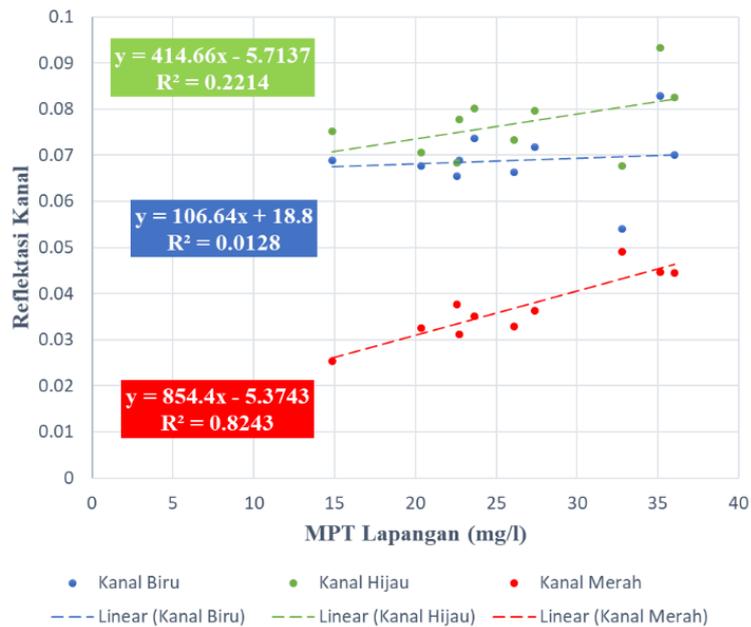
Berdasarkan hasil konsentrasi MPT citra algoritma referensi memiliki nilai yang tidak mendekati nilai konsentrasi MPT pengukuran lapangan (Tabel 1), maka dilakukan pengembangan algoritma baru. Hasil nilai korelasi reflektan Citra Sentinel-2 Level 2A (kanal biru, hijau dan merah) dengan Konsentrasi MPT Lapangan disajikan pada Gambar 2. Estimasi konsentrasi MPT berdasarkan algoritma (citra kanal merah) menunjukkan hasil yang mendekati nilai MPT hasil pengukuran lapangan seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Perbandingan Nilai Konsentrasi MPT

Stasiun	Konsentrasi MPT (mg/l)				
	Lapangan	Budhiman	Laili	Lemigas	Parwati
1	36,032	23,027	13,988	12,691	14,103
2	35,138	23,918	13,912	12,697	16,056
3	14,833	16,013	12,013	12,687	10,055
4	27,369	21,856	12,432	12,689	11,993
5	23,667	19,066	12,080	12,687	11,943
6	26,100	18,919	13,217	12,687	9,969
7	32,765	18,993	13,184	12,687	9,933
8	22,700	17,950	11,980	12,685	9,967
9	20,364	16,077	12,012	12,687	10,040
10	22,562	18,935	12,897	12,685	10,100

Tabel 2. Perbandingan Nilai Konsentrasi MPT Lapangan dan MPT Algoritma Citra

Stasiun	Konsentrasi MPT (mg/l)	
	Lapangan	Algoritma Kanal Merah
1	36,032	32,561
2	35,138	32,817
3	14,833	16,242
4	27,369	25,640
5	23,667	24,615
6	26,100	22,650
7	32,765	36,491
8	22,700	21,283
9	20,364	22,479
10	22,562	26,751



Gambar 2. Grafik Reflektan Citra Sentinel-2 Level 2A dengan Konsentrasi MPT Lapangan

Hasil pengujian kanal pada Gambar 2 menunjukkan bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) tertinggi dimiliki oleh kanal merah sebesar 0,8243 dengan hasil konsentrasi MPT algoritma yang paling mendekati hasil MPT lapangan (Tabel 2). Sehingga persamaan algoritma baru dibangun berdasarkan nilai yang diperoleh dari reflektan citra kanal merah, maka diperoleh persamaan algoritma MPT baru sebagai berikut:

$$MPT \left(\frac{mg}{L} \right) = 854,4(Rrs Red) - 5.3743$$

Keterangan: Rrs Red = Nilai reflektan kanal merah

Sebaran MPT Perairan Tanjung Jati, Jepara

Sebaran MPT Perairan Tanjung Jati, Jepara berdasarkan estimasi dari algoritma baru disajikan pada Gambar 3. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa konsentrasi MPT tertinggi sebesar 36,491 mg/l berada pada daerah muara sungai yang (ditandai dengan warna merah) dan nilai konsentrasi terendah 16,242 mg/l pada daerah laut (ditandai warna hijau). Secara umum Gambar 3 menunjukkan bahwa stasiun yang berada di dekat daratan memiliki konsentrasi MPT yang lebih tinggi dibandingkan stasiun yang lebih jauh dari daratan. Menurut Ondara *et al.*, (2021), sumber utama penyebaran MPT adalah dari daratan yang dapat berupa gerusan sedimen oleh gelombang atau arus sepanjang pantai yang akhirnya tersuspensi dan terangkut ke daerah lain, dan dapat juga disebabkan oleh peristiwa resuspensi sedimen yang diaduk sehingga terjadi turbulensi dan proses pencampuran yang menyebabkan tingkat konsentrasi MPT di dekat daratan menjadi lebih tinggi.

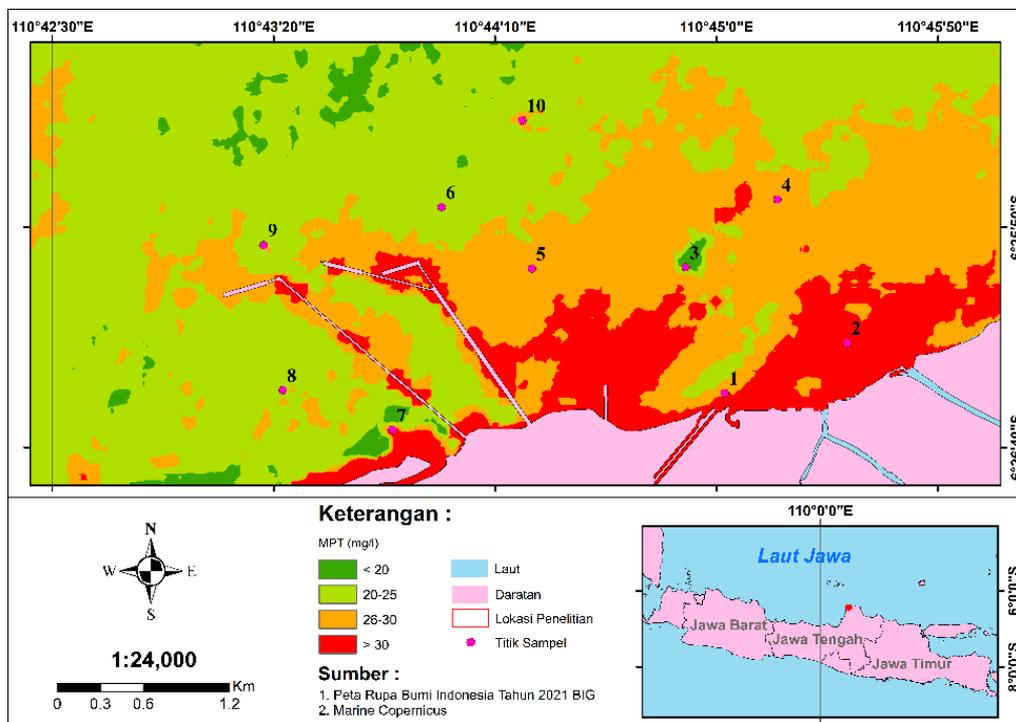
Pada bagian barat area PLTU (sekitar stasiun 7, dan 8) juga terdapat muara sungai (Kali Banjaran) yang juga menyuplai MPT. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Parwati *et al.*, (2014) yang menyatakan bahwa keberadaan muara sungai dapat memberikan kontribusi pada konsentrasi MPT yang tinggi di daerah dekat daratan (muara sungai) dan semakin rendah mendekati laut lepas, hal akibat dari pengaruh kecepatan arus sungai dan ukuran partikel MPT. Semakin tinggi arus sungai, maka proses pengadukan kolom air semakin tinggi, serta proses sedimentasi dari padatan

tersuspensi akan semakin luas. Menurut Prasetyo *et al.* (2019), muara sungai merupakan perantara terbawanya MPT dari sungai ke laut lepas yang ditunjukkan dengan tingginya konsentrasi MPT di muara sungai. Area di sekitar stasiun 1 dan 2 memiliki nilai konsentrasi MPT yang tinggi, hal ini diduga karena area tersebut dekat dengan saluran air pembuangan dari PLTU Tanjung Jati yang memiliki debit yang besar dan menyebabkan terjadinya pengadukan substrat ke perairan.

Validasi

Hasil uji validasi menunjukkan nilai RMSE seperti tersaji pada Tabel 3. Algoritma referensi yang memiliki nilai rata-rata RMSE tinggi yakni pada algoritma Parwati sebesar 15,644 mg/l, sedangkan algoritma baru memiliki nilai RMSE sebesar 2,704 mg/l. Nilai RMSE merupakan standar deviasi residual yang memberikan informasi tentang besaran kesalahan antara nilai nilai prediksi dengan nilai sebenarnya pada unit konsentrasi yang sama (Dolara *et al.*, 2018).

Hasil algoritma referensi yang didapat memiliki nilai RMSE yang tidak sesuai dengan data lapangan dikarenakan perbedaan kondisi perairan (Indeswari *et al.*, 2018; Kurniadin & Maria, 2020; Hadi *et al.*, 2021). Penelitian algoritma Budhiman, Parwati, dan Lemigas dilakukan di perairan Kalimantan Timur yang sangat dipengaruhi oleh karakteristik muara sungai dengan debit yang besar



Gambar 3. Sebaran MPT Perairan Tanjung Jati, Jeppara

Tabel 3. Nilai RMSE Untuk Masing-Masing Algoritma

Algoritma	RMSE (mg/l)	R ²
Budhiman	8.021	0.745
Laili	14.592	0.749
Lemigas	14.929	0.462
Parwati	15.644	0.483
Algoritma Baru	2.704	0.824

dan penelitian algoritma Laili dilakukan di Perairan Sumenep, Jawa timur di mana kondisi perairannya berbeda dengan perairan utara pulau Jawa. Hasil uji validasi dari algoritma referensi (Budhiman, Laili, Lemigas dan Parwati) pada Tabel 3 menunjukkan bahwa algoritma Budhiman memiliki kesesuaian paling tinggi dibanding algoritma referensi lainnya. Algoritma Budhiman dan Algoritma baru menggunakan reflektansi yang sama yaitu kanal merah sebagai persamaan pembangun. Algoritma yang memiliki nilai RMSE terendah yaitu algoritma baru sebesar 2,704 mg/l. Nilai tersebut menunjukkan bahwa hasil algoritma baru merupakan algoritma yang sesuai untuk mengestimasi sebaran MPT di Perairan Tanjung Jati, Jepara.

KESIMPULAN

Sebaran MPT di Perairan Tanjung Jati, Jepara dibangun dari persamaan linear nilai reflektansi kanal merah. Formula algoritma usulan yang diperoleh untuk mengetahui sebaran MPT di Perairan Tanjung Jati, Jepara adalah $MPT (mg/L) = 854.4(Rrs Red) - 5.3743$. Hasil uji validasi untuk nilai RMSE sebesar 2,704 mg/l, hal ini menunjukkan bahwa formula algoritma baru yang diperoleh sesuai untuk menggambarkan sebaran konsentrasi MPT di perairan Tanjung Jati, Jepara. Pola sebaran MPT menunjukkan nilai konsentrasi tinggi pada daerah dekat daratan dan semakin berkurang menuju laut lepas.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaerts, G. & Santika, S.S. (1987). *Metoda Penelitian Air*. Usaha Nasional Surabaya. 309 hlm.
- Budhiman, S. (2004). *Mapping TSM Concentrations from Multisensor Satellite Images in Turbid Tropical Coastal Waters of Mahakam Delta, Indonesia*. XXXIII Endesche, The Netherlands [Thesis]
- Caballero, I., Steinmetz, F., & Navarro, G. (2018). Evaluation of the First Year of Operational Sentinel-2A Data for Retrieval of Suspended Solids in Medium- to High-Turbidity Waters. *Remote Sensing*, 10, p.982. doi: 10.3390/rs10070982
- Dolara, A., Grimaccia, F., Leva, S., Mussetta, M. & Ogliari, E. (2018). Comparison of training approaches for photovoltaic forecasts by means of machine learning. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(2), 1–16. doi: 10.3390/app8020228
- Hadi, Z.N.G., Hariyanto, T. & Hayati, N. (2021). Estimation of Total Suspended Sediment Solid in Prorong River Waters Using Multitemporal Satellite Imagery. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, doi: 10.1088/1755-1315/936/1/012006
- Hafeez, S., Wong, M.S., Abbas, S. & Asim, M. (2022). Evaluating Landsat-8 and Sentinel-2 Data Consistency for High Spatiotemporal Inland and Coastal Water Quality Monitoring. *Remote Sensing*, 14, p.3155. doi: 10.3390/rs14133155
- Indeswari, L., Hariyanto, T. & Pribadi, C.B. (2018). Pemetaan Sebaran Total Suspended Solid (TSS) Menggunakan Citra Landsat Multitemporal dan Data In Situ (Studi Kasus Perairan Muara Sungai Porong, Sidoarjo). *Jurnal Teknik ITS*, 7(1), 71-76.
- Kurniadin, N. & Maria, E. (2020). Evaluasi Algoritma Total Suspended Solid (TSS) Pada Citra Landsat 8 Terhadap TSS In-Situ. *Elipsoida*, 3(1), 64-70.
- Laili, N., Arafah, F., Jaelani, L.M., Subehi, L., Pamungkas, A., Koenhardono, E.S. & Sulisetyono, A. (2015). Development of Water Quality Parameter Retrieval Algorithms for Estimating Total Suspended Solids and Chlorophyll-a Concentration Using Landsat-8 Imagery at Poteran Island Water. *The ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, II-2/W2, p.55–62.
- Lanuru, M. & Ferayanti, D. (2011). Hubungan Sedimen Dasar Perairan Dengan Penyebaran Lamun (Seagrass) di Teluk Pare-pare, Sulawesi Selatan. *Jurnal Omni-Akuatika*, 10(13), 79-83.
- Lemigas. (1997). *Evaluasi Penginderaan Jauh untuk Studi Dasar Lingkungan Wilayah Kerja Unocal Indonesia Company Kalimantan Timur, Laporan Akhir*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi, pp. 24 – 36
- Milenia, A.P., Wirasatriya, A., Maslukah, L., Yusuf, M. & Helmi, M. (2021). Distribusi Material Padatan Tersuspensi di Perairan Semarang dengan Penginderaan Jauh. *Indonesian Journal of Oceanography*, 3(3), 57-62.

- Nguyen, T.H.D., Phan, K. D., Nguyen, H.T.T., Tran, S.N., Tran, T.G, Tran, B.L. & Doan, T.N. (2020). Total Suspended Solid Distribution in Hau River Using Sentinel 2A Satellite Imagery. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume VI-3/W1-2020.
- Nugroho, A.K. (2013). Aplikasi SIG untuk Evaluasi Sistem Jaringan Drainase SUB DAS Gajahwong Kabupaten Bantul. *Seminar Nasional Informatika*, pp. 64-69.
- Ondara, K., Agustina, S. & Purnawan, S. (2021). TSS distribution of Banda Aceh waters. *IOP Conference Series: Earth Environment Science*, 674(1), 012051
- Parwati, E. & Purwanto, D. (2014). Analisa Algoritma Ekstraksi Informasi TSS Menggunakan Data Landsat 8 Di Perairan Berau. *Seminar Nasional Penginderaan Jauh, LAPAN*, p. 518–28.
- Parwati, E. (2014). Analisis Dinamika Fluktuasi TSS (Total Suspended Solid) Sepanjang Das-Muara-Laut Di Perairan Berau Kalimantan. *Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014*, p.662–70.
- Prasetiyo, 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.
- Prayoga, T. & Barus, L.S. (2021). Analisis Penentuan Pembangunan Dermaga Berdasarkan Analisis Citra Sentinel 2a di Perairan Delta Wulan Kota Pesisir Demak. *Jurnal Indonesia Sosial Teknologi*, 2(11), 2069-2081.
- Rafsenja, U., Muh, L., Jaya, G., & Rahim, S. (2020). Analisis Perbandingan Citra Landsat 8 dan Citra Sentinel 2-A untuk Mengidentifikasi Sebaran Mangrove. *Jurnal Geografi Aplikasi Dan Teknologi*, 4(1), 63-70.
- Rochaddi, B., Ismanto, A. & Suryono, C.A. (2021). Variasi Temporal Karakteristik Arus di Perairan Tanjung Jati Kabupaten Jepara. *Jurnal Kelautan Tropis*, 24(2), 255-264.
- Said, N.I. & Yudo, S. (2021). Status Kualitas Air di Kolam Bekas Tambang Batubara di Tambang Satui, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 22(1), 048-057.
- Wang, Z., Kawamura, K., Sakuno, Y., Fan, X., Gong, Z. & Lim, J. (2017). Retrieval of Chlorophyll-a and Total Suspended Solids Using Iterative Stepwise Elimination Partial Least Squares (ISE-PLS) Regression Based on Field Hyperspectral Measurements in Irrigation Ponds in Higashihiroshima, Japan. *Remote Sensing*, 9(3), p.264. doi: 10.3390/rs9030264