

ESTIMASI MUATAN SUSPENSİ AIR MUARA SUNGAI BARITO MENGUNAKAN CITRA SENTINEL -2

Estimation of Water Suspended Sediment Load at the Mouth of Barito River Using Sentinel-2 Imagery

Faisal Rahman, Syam'ani, dan Badaruddin

Program Studi Kehutanan

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. Water is one of the most essential substances for the existence of living organisms, especially for humans. Humans must conserve and maintain the sustainability of the water they use. The quality of water depends on the quality of the water source itself, and one parameter to assess it is sedimentation. This research aims to provide accuracy to the estimation of water suspension load or Total Suspended Solid (TSS) and to depict the water quality of the Barito River estuary using Sentinel-2 imagery. The method used for estimating TSS values is a semi-analytical method that involves analyzing the Accuracy of Barito River Estuary Water Suspension Using NDTI, NDTI Blue, and NDTI CA. The findings of this study show that there is a difference in the estimation of TSS load values using the Polynomial Order 2 NDTI Blue in-situ data, where the average TSS estimation from Polynomial Order 2 NDTI Blue is smaller than the in-situ data. The accuracy of the Polynomial Order 2 NDTI Blue in estimating TSS in the Barito River estuary resulted in an R^2 value of 1557.5 and an RMSE value of 39.465. This model was chosen because 40% of the independent variable distribution can explain the dependent variable distribution, while the remaining 60% cannot be explained by the dependent variable, and it has a low error rate. To reduce TSS loads, collaboration between society and the government is essential, focusing on land cover use in the upper watershed area and discontinuing deforestation practices that only contribute to issues. Without long-term planning to restore the hydrological function of forests as water retention areas, problems will persist.

Keywords. Barito River; Total Suspended Solid (TSS); Sedimentation; Sentinel-2; Normalized Difference Turbidity Index (NDTI); Sentinel Application Platform (SNAP)

ABSTRAK. Air salah satu zat yang terpenting bagi kehidupan makhluk hidup terlebih bagi manusia, penting bagi manusia untuk tetap melestarikan dan menjaga agar air yang digunakan tetap terjaga kelestariannya. Kualitas air tergantung pada kualitas dari sumber air itu sendiri yang mana salah satu parameter untuk mengetahuinya adalah sedimentasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengakurasi terhadap estimasi muatan suspensi air atau Total Suspended Solid (TSS) dan memberikan gambaran kualitas air muara Sungai Barito menggunakan citra Sentinel-2. Metode yang digunakan untuk estimasi nilai TSS adalah metode semi analisis yang dilakukan analisis Akurasi Suspensi Air Muara Sungai Barito Menggunakan NDTI, NDTI Blue Dan NDTI CA. Hasil penelitian ini Nilai estimasi muatan suspensi TSS in-situ dengan Polinomial Orde 2 NDTI Blue terdapat perbedaan nilai dimana hasil estimasi TSS dari Polinomial Orde 2 NDTI Blue rata-rata memiliki nilai yang lebih kecil dari data in-situ. Akurasi Polinomial Orde 2 NDTI Blue dalam mengestimasi TSS muara Sungai Barito didapatkan model Polinomial Orde 2 NDTI Blue dengan R^2 sebesar 1557.5 dan RMSE sebesar 39.465. Model ini dipilih karena 40% sebaran variabel independen atau variabel bebas dapat menjelaskan variabel dependen atau variabel terikat, sisanya 60% tidak dapat dijelaskan oleh variabel dependen, serta memiliki error yang rendah. Muatan TSS harus ditekan maka masyarakat dan pemerintah harus bekerja sama dengan memperhatikan penggunaan tutupan lahan di bagian hulu DAS dan menghentikan pembabatan hutan yang hanya menimbulkan masalah, tanpa adanya perencanaan jangka panjang untuk mengembalikan fungsi hidrologi hutan sebagai daerah resapan air.

Kata Kunci. Sungai Barito; Total Suspended Solid (TSS), Sedimentasi; Sentinel-2; NDTI; SNAP

Penulis untuk korespondensi, surel: 1810611210014@mhs.ulm.ac.id

PENDAHULUAN

Wilayah dari daratan yang termasuk satu kesatuan dari ekosistem dengan sungai

beserta anak sungainya yang memiliki fungsi sebagai menyimpan, menampung, serta mengalirkan air yang berasal dari curah hujan sampai ke bagian terendah seperti laut maupun danau dimana memiliki batasan

topografis dan lautan yang aktivitas daratannya masih mempengaruhi. Kerusakan lingkungan hidup di Indonesia telah menjadi perhatian banyak pihak, baik dalam negeri maupun internasional. Hal ini dibuktikan dengan meningkatnya bencana alam seperti banjir, tanah longsor, dan kekeringan. Rendahnya toleransi daerah aliran sungai (DAS) sebagai suatu ekosistem dinilai menjadi salah satu penyebab utama terjadinya bencana terkait air ini. Kerusakan wilayah sungai semakin meningkat akibat meningkatnya pemanfaatan sumber daya alam akibat pertumbuhan penduduk dan pembangunan ekonomi, konflik kepentingan dan tidak adanya keterkaitan antar sektor, antara hulu dan hilir, terutama pada masa otonomi daerah. Di era otonomi daerah, sumber daya alam dianggap sebagai sumber pendapatan asli daerah (PAD).

Material yang terbawa ke suatu wilayah oleh fluida dan mengendap di wilayah tersebut dinamakan sedimentasi atau pengendapan. Faktor yang mempengaruhi laju pengendapan sedimentasi ini yaitu viskositas fluida, berat jenis fluida, bentuk partikel, berat jenis partikel, dan jenis aliran. Permasalahan sungai salah satu faktor utamanya yaitu sedimentasi dimana terdapat 2 jenis sedimentasi, yaitu sedimen yang berada di dasar sungai atau *bed load* dan sedimen yang terapung atau *suspend load*.

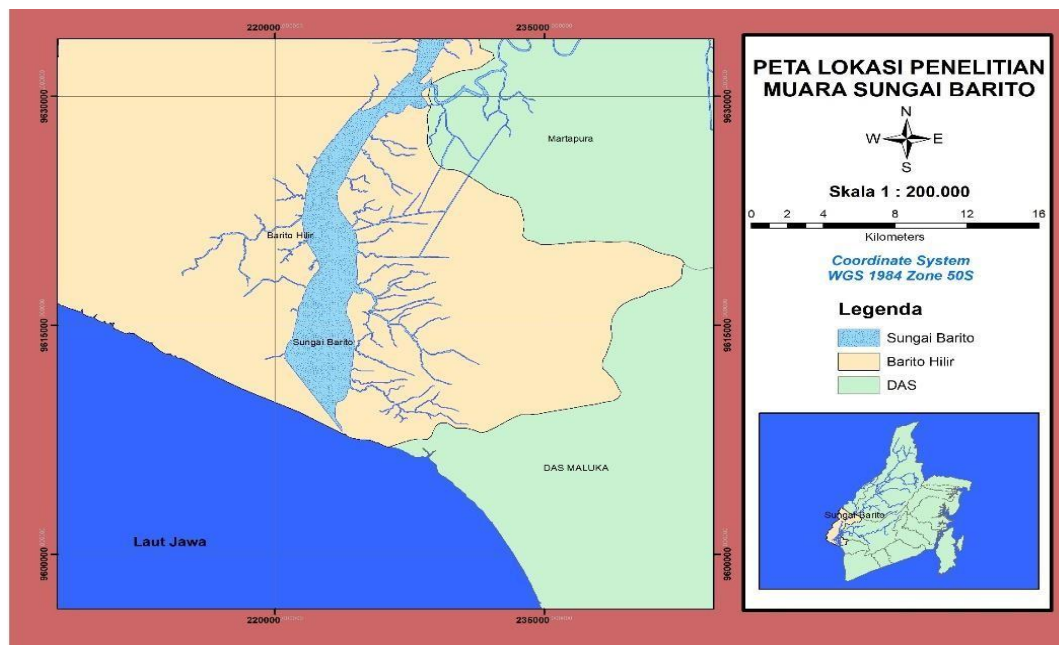
Sungai terpanjang ($\pm$ 1.000 km) dan terbesar (lebar rata-rata 650 – 800 meter dan kedalaman rata-rata 8 meter) yang terdapat di Kalimantan Selatan yaitu Sungai Barito dimana hulunya berada di pegunungan Schwaner yang membujur dari wilayah Kalimantan Tengah dan hilirnya di Laut Jawa. Sungai Barito pada bagian muara memiliki

bentuk corong mencapai 1 km sehingga menjadi sungai terlebar yang ada di Indonesia. Sungai barito memiliki bagian terpanjang yang terletak di bagian hulu yang berada di wilayah Kalimantan Tengah, sedangkan sisa dari bagian sungai Barito berada di wilayah Kalimantan Selatan sampai bagian muara sungainya.

Air salah satu zat yang terpenting untuk kehidupan makhluk hidup terlebih bagi manusia, sehingga penting untuk tetap menjaga dan melestarikannya sehingga terjaga kelestarian air. Kualitas air tergantung pada kualitas dari sumber air itu sendiri yang mana salah satu parameter untuk mengetahuinya adalah sedimentasi. Nilai sedimentasi yang tinggi menunjukkan pencemaran yang tinggi dan menghambat penetrasi cahaya ke dalam air (Andini et al., 2015). Sedimentasi berdasarkan aliran transport sedimennya terbagi atas sedimentasi tersuspensi atau sedimen melayang (*suspended load*) dan juga sedimentasi dasar (*bed load*).

METODE PENELITIAN

Kegiatan penelitian dilaksanakan di bagian hilir atau muara Sungai Barito yang dilakukan selama kurang lebih 4 bulan. Peralatan yang digunakan yaitu komputer, perangkat lunak ESRI ArcGIS for Desktop 10.8, perangkat lunak ESA SNAP 8.0, botol, dan kamera. Bahan yang digunakan yaitu peta lokasi, citra ESA Sentinel-2 MSI *real time*, dan sampel air. Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Pengambilan data muatan suspensi secara sistematis dilakukan dengan menggunakan sistem jalur. Panjang jalur yaitu 10 km dengan jarak pengambilan setiap titik sampel sebesar 200 m sehingga maksimal akan terdapat 50 titik sampel. Data yang diambil berupa sampel muatan suspensi air menggunakan botol. Selain saluran tunggal Citra Sentinel-2 MSI, yaitu saluran rencananya akan ada beberapa formula transformasi nilai spektral yang akan diuji korelasinya dengan muatan suspensi hasil pengukuran lapangan di dalam penelitian ini. Pengujian yang dilakukan menurut Lacaux dkk (2007) menggunakan *Normalized Difference Turbidity Index* (NDTI) dimana modifikasi dari NDTI yang dikembangkan selama penelitian ini (kebaruan) yaitu:

$$NDTI = \frac{\rho_r - \rho_g}{\rho_r + \rho_g} \quad (1)$$

$$NDTI_b = \frac{\rho_r - \rho_b}{\rho_r + \rho_b} \quad (2)$$

$$NDTI_{ca} = \frac{\rho_r - \rho_{ca}}{\rho_r + \rho_{ca}} \quad (3)$$

Keterangan:

ρ_r : red
 ρ_g : green
 ρ_b : blue
 ρ_{ca} : costa area

Metode Analisis Korelasi Metode analisis korelasi statistik di dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa model regresi. Baik itu regresi linier, maupun regresi non-linier. Model regresi yang digunakan untuk menggambarkan korelasi transformasi indeks nilai spektral dengan muatan suspensi hasil pengukuran lapangan. Formulasi model regresi yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Formulasi Model Regresi

Nomor	Nama Model Regresi	Formulasi
1	Linier	$y = ax + b$
2	Logaritmik	$y = a \cdot \ln x + b$
3	Eksponensial	$y = a e^{bx}$
4	Polinomial	$y = ax^n + \dots + bx^3 + cx^2 + dx + e$
5	Power	$y = ax^b$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berat Suspensi di Muara Sungai Barito

Berat suspensi di Muara Sungai Barito berkisar dari 0,002 – 0,040 SS dengan rata-rata 0,040 SS. Ada beberapa faktor yang mempengaruhi berat suspensi akibat sedimentasi. Menurut Rosyadewi & Hidayah (2020), pasang surut mempengaruhi terjadinya sedimentasi. Parameter ini mempengaruhi kecepatan, sebaran, dan jenis dari sedimentasi untuk mengendap yang terdapat di suatu daerah. Sedimen laut yang terangkut pada kondisi pasang akan dibawa sampai ke daerah muara, dan ketika kondisi surut maka sedimen sungai yang akan terangkut sampai ke daerah muara (Rosyadewi & Hidayah, 2020).

Akumulasi sedimen terjadi pada saat air pasang dan air surut, tercermin dari pergerakan air laut dan aliran air dari sungai ke laut, sehingga sedimen dari muara terbawa ke laut dan menyebar ke segala arah. Sedimen yang terkumpul pada saat air pasang menciptakan pola distribusi sedimen tersuspensi yang berharga di muara, dan konsentrasi dari laut cenderung penting juga terangkut ke muara pada saat air pasang, Menurut Mulyanto dalam Togatorop dkk (2015), pada saat air surut, sedimen dasar yang terangkut dan diendapkan ke dasar sungai pasang surut akan terbawa oleh aliran menuju muara, termasuk akumulasi sedimen yang hanyut dan terendapkan pada sedimen dasar. Dan pada saat air pasang, air pasang yang masuk ke muara akan membawa sedimen-sedimen terapung yang mengumpul di laut hingga mengendap (Togatorop dkk, 2015).

Kecepatan pengendapan sedimen yang tersuspensi juga terpengaruh oleh salinitas, apabila salinitas rendah maka kecepatan suspensi pengendapan sedimen akan rendah, apabila salinitas tinggi maka kecepatan suspensi pengendapan sedimen akan cepat. Pasang surut yang terjadi akan mempengaruhi tingkat kekuatan salinitas (Purba dkk, 2018).

Konsentrasi Kadar Muatan Suspensi di Muara Sungai Barito

Konsentrasi kadar muatan suspensi di Muara Sungai Barito untuk Cs (gr/L) berkisar 0,004 – 0,371 gr/L dengan rata-rata 0,080 gr/L. Sedangkan untuk konsentrasi kadar muatan

suspensi di Muara Sungai Barito untuk Cs (mg/L) berkisar antara 3,8 sampai 371,2 mg/L dengan rata-rata 80,076 mg/L. sehingga membuktikan bahwa terjadi pengendapan yang mengakibatkan terjadinya pendangkalan di daerah tersebut. Penelitian Maryam dkk (2019) menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang erat antara angkutan sedimen yang tersuspensi di sungai dengan erosi yang terjadi di permukaan tanah akibat dari aktivitas manusia, aliran permukaan, dan hujan pada daerah hulu sungai. Longsor tanah bisa diakibatkan oleh air hujan karena mampu mengikis tanah sehingga terangkut sampai berada di muara sungai. Proses ini memiliki pengaruh terhadap jumlah dari konsentrasi sedimen yang terangkut di mulut sungai. Hal tersebut diperkuat oleh penelitian Togatorop dkk (2015) bahwa nilai konsentrasi kadar muatan suspensi di muara sungai bisa disebabkan oleh suplai sedimen tersuspensi yang berasal dari daratan dimana terbawa oleh air hujan yang datang melewati sungai dan dipengaruhi oleh aktivitas hidro oseanografi sehingga sedimen di mulut sungai terjadi penumpukan yang menyebabkan proses pendangkalan terjadi.

Muara merupakan bagian sungai yang menghubungkan langsung dengan laut, sedimen tersuspensi sungai tersebut akan terangkut ke perairan sekitarnya. Konsentrasi dan sebaran sedimen tersuspensi di laut dipengaruhi oleh intensitas aliran sungai, konsentrasi sedimen tersuspensi di sungai, koefisien difusi, dan arus yang akan menggerakkan massa air beserta sedimen tersebut, pengangkutan sedimen tersuspensi endapan. Bagian mulut sungai yang mendekati muara tidak terjadi pendangkalan disebabkan oleh tingkat konsentrasi sedimen yang berasal dari sungai lebih besar di bandingkan yang menyebar menuju laut dan tidak dapat mengganggu keseimbangan ekosistem sekitaran Sungai Barito (Maryam dkk, 2019).

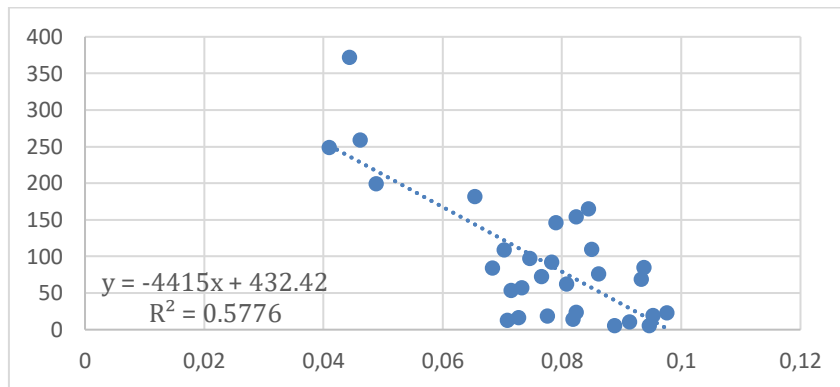
Nilai konsentrasi di wilayah laut lebih rendah dibandingkan di muara, hal ini dipengaruhi oleh aktivitas penangkapan ikan dan kelautan, sehingga terdapat banyak sedimen di wilayah muara. Hal ini juga dijelaskan oleh aksi pasang surut yang mempengaruhi arus dan gelombang sehingga menyebabkan gangguan sedimen di dasar air. Hal ini sesuai dengan pandangan Triatmodjo dalam Togatorop dkk (2015) bahwa energi transpor pada saat air pasang lebih besar dibandingkan saat air surut, sehingga daya

pantulan pada saat air pasang juga lebih besar pada saat air surut (Togatorop dkk, 2015).

Hubungan NDTI dengan Muatan Suspensi

Nilai spektral NDTI adalah teknik penginderaan jarak jauh yang digunakan untuk mendeteksi tingkat kekeruhan air oleh sedimen tersuspensi. Berdasarkan penelitian Bid & Siddique tahun 2019 hubungan NDTI dengan Muatan Suspensi tergantung pada beberapa faktor seperti sifat optik dan fisik dari

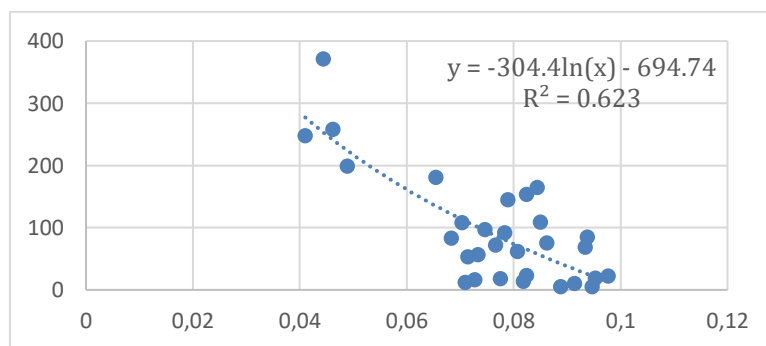
jenis sedimennya. Untuk mengetahui hubungan tersebut dilakukan analisis korelasi pada nilai spektral NDTI dengan muatan suspensi. Dimana terdapat kriteria pada koefisien korelasi untuk melihat kekuatan hubungan antara variabel x dan y. Menurut Sarwono (2006) kriteria pada koefisien korelasi ada 6 yaitu 0 (tidak ada korelasi), $> 0 - 0,25$ (korelasi sangat lemah), $> 0,25 - 0,5$ (korelasi cukup), $> 0,5 - 0,75$ (korelasi kuat), $> 0,75 - 0,99$ (korelasi sangat kuat) dan 1 (korelasi sempurna).



Gambar 2. NDTI Linear

Gambar 2 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara NDTI dengan Muatan Suspensi yaitu $y = -4415x + 432,42$ dengan korelasi (R) 0,76 (sangat kuat). Sehingga terdapat hubungan yang sangat kuat antara NDTI (x) dengan muatan suspensi (y) atau dengan kata lain NDTI berbanding lurus

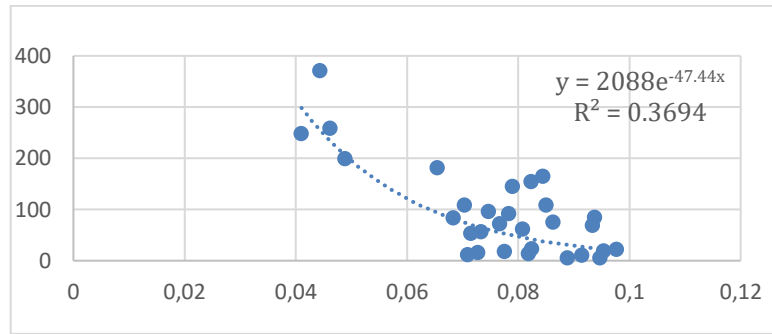
dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,5776 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral NDTI pada muara sungai Barito dipengaruhi 57,76% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.



Gambar 3. NDTI Logaritma

Gambar 3 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara NDTI dengan Muatan Suspensi yaitu $y = -304,4\ln x - 694,74$ dengan nilai korelasi 0,78 (sangat kuat). Sehingga terdapat hubungan yang sangat kuat antara NDTI (x) dengan muatan suspensi (y) atau dengan kata lain

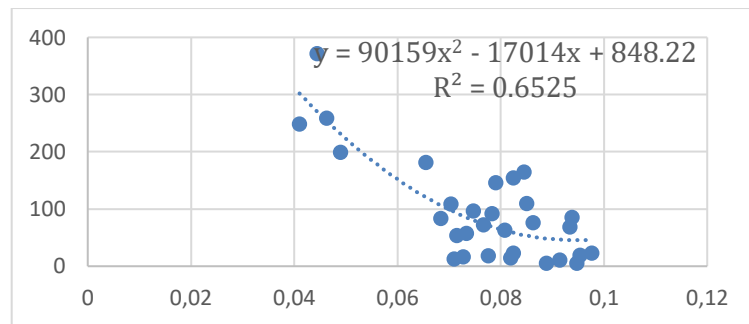
NDTI berbanding lurus dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,623 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral NDTI pada muara sungai Barito dipengaruhi 62,3% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.



Gambar 4. NDTI Eksponensial

Gambar 4 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara NDTI dengan Muatan Suspensi yaitu $y = 2088e^{-47.44x}$ dengan nilai korelasi 0,6078 (kuat). Sehingga terdapat hubungan yang kuat antara NDTI (x) dengan muatan suspensi (y) atau dengan kata lain NDTI berbanding lurus

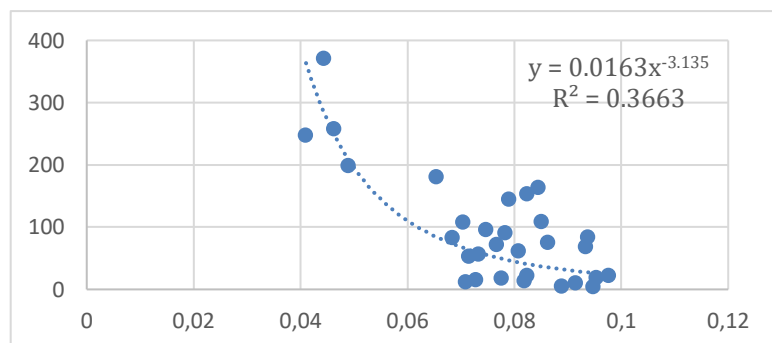
dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0.6568 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral NDTI pada muara sungai Barito dipengaruhi 36,94% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.



Gambar 5. NDTI Polinomial Orde 2

Gambar 5 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara NDTI dengan Muatan Suspensi yaitu $y = 90159x^2 - 17014x + 848,22$ dengan nilai korelasi 0,80 (sangat kuat). Sehingga terdapat hubungan yang sangat kuat antara NDTI (x) dengan muatan suspensi (y) atau dengan kata lain NDTI berbanding lurus dengan muatan

suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,6525 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral NDTI pada muara sungai Barito dipengaruhi 65,25% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.



Gambar 6. NDTI Power

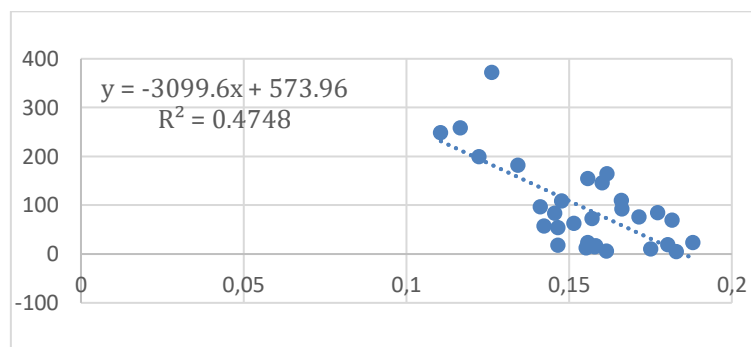
Gambar 6 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara NDTI dengan Muatan Suspensi yaitu $y = 0,0163x^{-3,135}$ dengan nilai korelasi 0,6052 (kuat). Sehingga terdapat hubungan yang kuat antara NDTI (x) dengan muatan suspensi (y) atau dengan kata lain NDTI berbanding lurus dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) 0.641 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral NDTI pada muara sungai Barito dipengaruhi 36,63% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.

Menurut Asdak (1995), persamaan-persamaan regresi yang dihasilkan sebelumnya akan digunakan untuk perkiraan atau perhitungan kadar muatan suspensi pada

muara sungai Barito apabila nilai spektral NDTI nya sudah diketahui. Namun hal tersebut untuk jangka waktu yang lama tidak bisa digunakan karena ada kemungkinan terjadi perubahan keadaan muara sungai Barito yang disebabkan oleh alam.

Hubungan NDTI_b dengan Muatan Suspensi

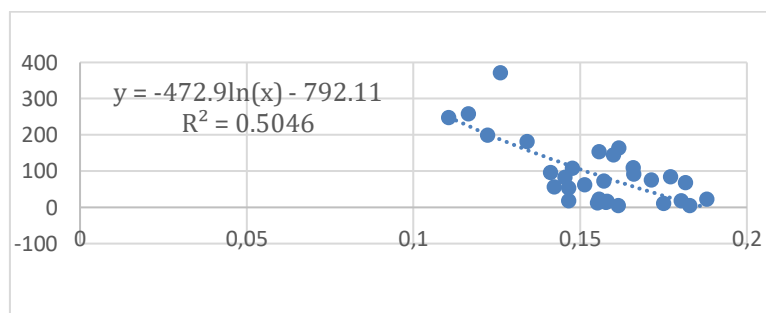
Bentuk kedua nilai spektral adalah NDTI_b. Dalam hal ini juga dilakukan analisis korelasi terhadap muatan suspensi. Berikut adalah hasil analisis korelasi dengan lima model regresi yaitu model regresi linier, model regresi logaritma, model regresi eksponensial, model regresi polinomial dan model regresi power.



Gambar 7. NDTI Blue Linear

Gambar 7 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara NDTI_b dengan Muatan Suspensi yaitu $y = -3099,6x + 573,96$ dengan nilai korelasi 0,6891 (kuat). Sehingga terdapat hubungan yang kuat antara NDTI_b (x) dengan muatan

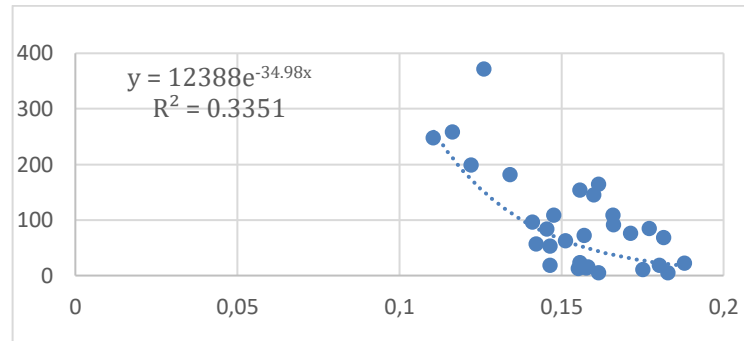
suspensi (y) atau dengan kata lain NDTI_b berbanding lurus dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,4748 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral NDTI pada muara sungai Barito dipengaruhi 47,48% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.



Gambar 8. NDTI Blue Logaritma

Gambar 8 persamaan yang menggambarkan hubungan antara $NDTI_b$ dengan Muatan Suspensi yaitu $y = -472,9 \ln x - 792,11$ dengan nilai korelasi 0,7104 (kuat). Sehingga terdapat hubungan yang kuat antara $NDTI_b$ (x) dengan muatan

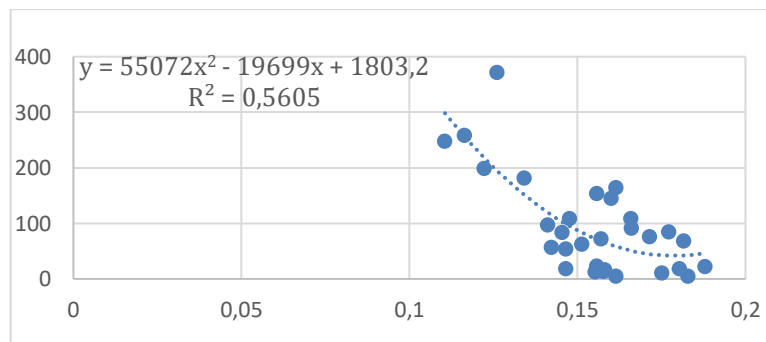
suspensi (y) atau dengan kata lain $NDTI_b$ berbanding lurus dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,5046 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral $NDTI$ pada muara sungai Barito dipengaruhi 50,46% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.



Gambar 9. $NDTI$ Blue Ekseponensial

Gambar 9 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara $NDTI_b$ dengan Muatan Suspensi yaitu $y = 12388e^{-34,98x}$ dengan nilai korelasi 0,5789 (kuat). Sehingga terdapat hubungan yang kuat antara $NDTI_b$ (x) dengan muatan suspensi (y)

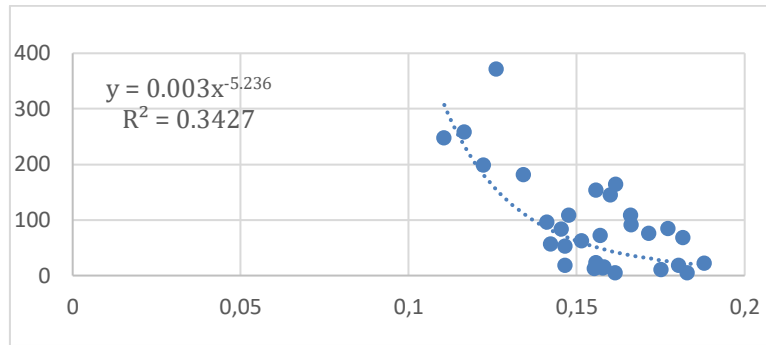
atau dengan kata lain $NDTI_b$ berbanding lurus dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,3351 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral $NDTI$ pada muara sungai Barito dipengaruhi 33,51% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.



Gambar 10. $NDTI$ Blue Polinomial Orde 2

Gambar 10 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara $NDTI_b$ dengan Muatan Suspensi yaitu $y = 55072x^2 - 19699x + 1803,2$ dengan nilai korelasi 0,7487 (kuat). Sehingga terdapat hubungan yang kuat antara $NDTI_b$ (x) dengan muatan suspensi (y)

atau dengan kata lain $NDTI_b$ berbanding lurus dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,5605 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral $NDTI$ pada muara sungai Barito dipengaruhi 56,05% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.



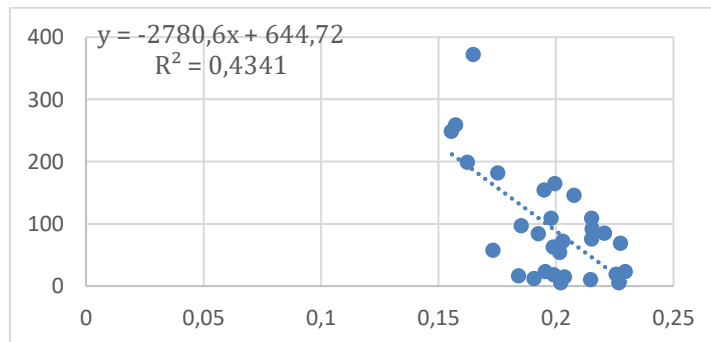
Gambar 11. NDTI Blue Power

Gambar 11 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara $NDTI_b$ dengan Muatan Suspensi yaitu $y = 0,003x^{-5,236}$ dengan nilai korelasi 0,5854 (kuat). Sehingga terdapat hubungan yang kuat antara $NDTI_b$ (x) dengan muatan suspensi (y) atau dengan kata lain $NDTI_b$ berbanding lurus dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0.5337 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral NDTI pada muara sungai Barito dipengaruhi

34,27% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.

Hubungan $NDTI_{ca}$ dengan Muatan Suspensi

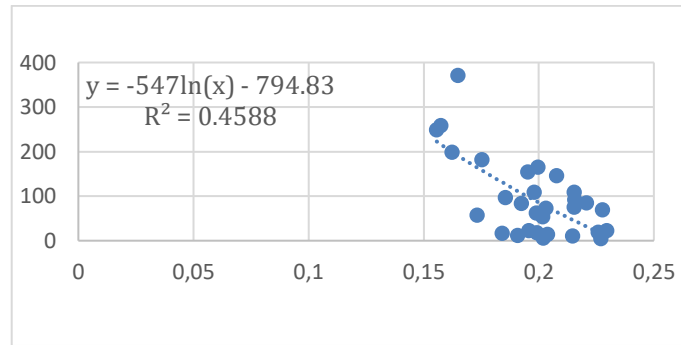
Bentuk ketiga nilai spektral adalah $NDTI_{ca}$. Bentuk ketiga ini juga dilakukan analisis korelasi terhadap muatan suspensi. Model regresi linear dengan 30 data training disajikan pada Gambar 12.



Gambar 12. NDTI CA Linear

Gambar 12 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara $NDTI_{ca}$ dengan Muatan Suspensi yaitu $y = -2780,6x + 644,72$ dengan nilai korelasi 0,6587 (kuat). Sehingga terdapat hubungan yang kuat antara $NDTI_{ca}$ (x) dengan muatan

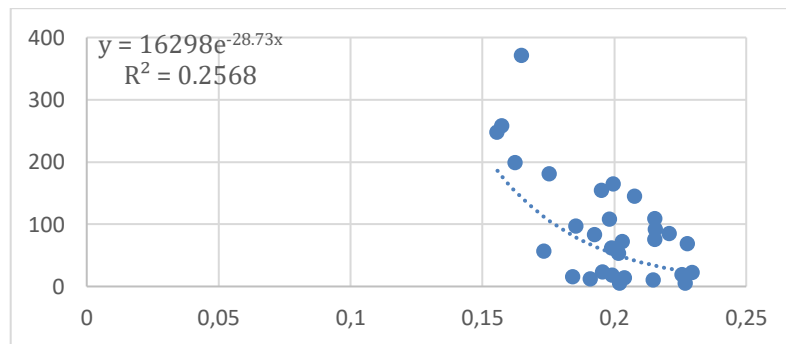
suspensi (y) atau dengan kata lain $NDTI_{ca}$ berbanding lurus dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,4341 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral NDTI pada muara sungai Barito dipengaruhi 43,41% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.



Gambar 13. NDTI CA Logaritma

Gambar 13 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara $NDTI_{Ca}$ dengan Muatan Suspensi yaitu $y = -547 \ln x - 74,83$ dengan nilai korelasi sebesar 0,6773 (kuat). Sehingga terdapat hubungan yang kuat antara $NDTI_{Ca}$ (x) dengan muatan suspensi (y) atau dengan kata lain

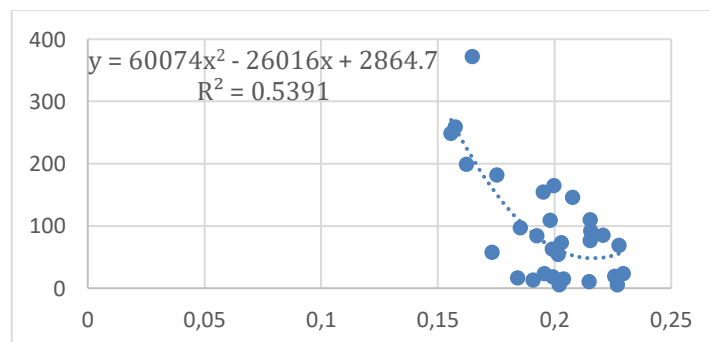
$NDTI_{Ca}$ berbanding lurus dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,4588 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral NDTI pada muara sungai Barito dipengaruhi 45,88% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.



Gambar 14. NDTI CA Eksponensial

Gambar 14 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara $NDTI_{Ca}$ dengan Muatan Suspensi yaitu $y = 16298e^{-28,73x}$ dengan nilai korelasi sebesar 0,5068 (kuat). Sehingga terdapat hubungan yang kuat antara $NDTI_{Ca}$ (x) dengan muatan

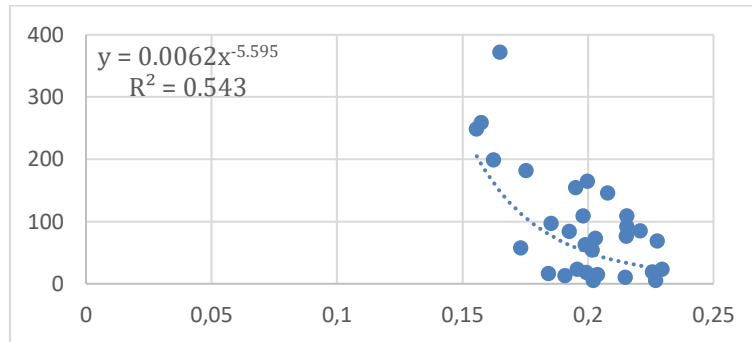
suspensi (y) atau dengan kata lain $NDTI_{Ca}$ berbanding lurus dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,2568 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral NDTI pada muara sungai Barito dipengaruhi 25,68% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.



Gambar 15. NDTI CA Polinomial Orde 2

Gambar 15 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara $NDTI_{Ca}$ dengan Muatan Suspensi yaitu $y = 60074x^2 - 26016x + 2864,7$ dengan nilai korelasi 0,7342 (kuat). Sehingga terdapat hubungan yang kuat antara $NDTI_{Ca}$ (x) dengan muatan suspensi (y)

atau dengan kata lain $NDTI_{Ca}$ berbanding lurus dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,5391 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral NDTI pada muara sungai Barito dipengaruhi 53,91% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.



Gambar 16. NDTI CA Power

Gambar 16 diperoleh persamaan yang menggambarkan hubungan antara $NDTI_{Ca}$ dengan Muatan Suspensi yaitu $y = 0,0062x^{-5,595}$ dengan nilai korelasi sebesar 0,7369 (kuat). Sehingga terdapat hubungan yang kuat antara $NDTI_{Ca}$ (x) dengan muatan suspensi (y) atau dengan kata lain $NDTI_{Ca}$ berbanding lurus dengan muatan suspensi dan jika ditinjau dari nilai koefisien determinasi (R^2) = 0,543 maka dapat diketahui bahwa variasi nilai spektral NDTI pada muara sungai Barito dipengaruhi 54,3% oleh muatan suspensi dan sisanya dari pengaruh faktor lain.

Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan pada data validasi sebanyak 20 sampel dengan tingkat kepercayaan 95%. Pada penelitian ini uji akurasi menggunakan nilai Root Mean Square Error (RMSE). RMSE merupakan ukuran akurasi untuk pembandingan dari kesalahan prediksi yang terdapat pada dua variabel (Ismunarti dkk, 2020) dimana nilai RMSE yang semakin kecil maka semakin bagus kurasi yang didapatkan. Hasil uji akurasi disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Uji Akurasi TSS

RMSE	Linear	Logaritma	Ekspensial	Polinomial Orde 2	Power
NDTI	57,2673	54,6275	57,17	49,3899	59,2501
$NDTI_b$	44,0655	43,0689	50,6032	39,4649	51,6034
$NDTI_{Ca}$	48,8628	48,942	55,965	50,0384	57,088

Berdasarkan Tabel 2 terlihat bahwa setiap nilai spektral menghasilkan RMSE yang berbeda hal ini dikarenakan oleh beberapa faktor yaitu, teknis pengambilan sampel di lapangan, iklim dan lainnya (Baktiar & Basith, 2020). Korelasi NDTI dengan muatan suspensi menggunakan regresi linier menghasilkan nilai RMSE sebesar 57,2673, korelasi NDTI dengan muatan suspensi menggunakan regresi logaritmik menghasilkan nilai RMSE sebesar 54,6275, korelasi NDTI dengan muatan suspensi menggunakan regresi eksponensial menghasilkan nilai RMSE sebesar 57,17,

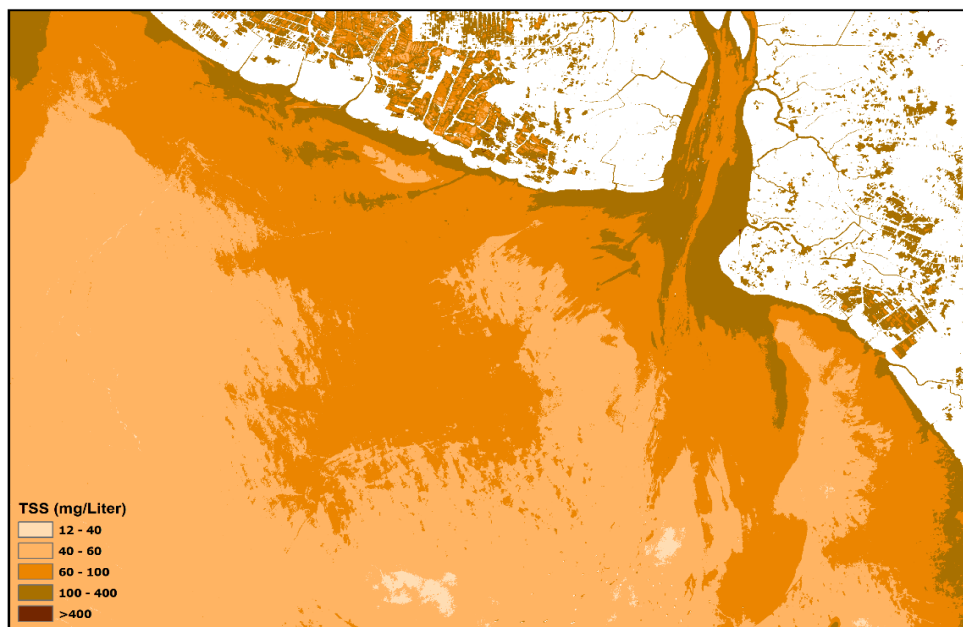
korelasi NDTI dengan muatan suspensi menggunakan regresi polinomial menghasilkan nilai RMSE sebesar 49,3899 dan korelasi NDTI dengan muatan suspensi menggunakan regresi power menghasilkan nilai RMSE sebesar 59,2501.

Korelasi $NDTI_b$ dengan muatan suspensi menggunakan regresi linier menghasilkan nilai RMSE sebesar 44,0655, korelasi $NDTI_b$ dengan muatan suspensi menggunakan regresi logaritmik menghasilkan nilai RMSE sebesar 43,0689, korelasi $NDTI_b$ dengan

muatan suspensi menggunakan regresi eksponensial menghasilkan nilai RMSE sebesar 50,6032, korelasi $NDTI_b$ dengan muatan suspensi menggunakan regresi polynomial Or menghasilkan nilai RMSE sebesar 39,4649 dan korelasi $NDTI_b$ dengan muatan suspensi menggunakan regresi power menghasilkan nilai RMSE sebesar 51,6034.

Korelasi $NDTI_{ca}$ dengan muatan suspensi menggunakan regresi linier menghasilkan nilai RMSE sebesar 48,8628, korelasi $NDTI_{ca}$

dengan muatan suspensi menggunakan regresi logaritmik menghasilkan nilai RMSE sebesar 48,942, korelasi $NDTI_{ca}$ dengan muatan suspensi menggunakan regresi eksponensial menghasilkan nilai RMSE sebesar 55,965, korelasi $NDTI_{ca}$ dengan muatan suspensi menggunakan regresi polinomial menghasilkan nilai RMSE sebesar 50,0834 dan korelasi $NDTI_{ca}$ dengan muatan suspensi menggunakan regresi power menghasilkan nilai RMSE sebesar 57,088.



Gambar 17. Hasil Estimasi TSS Muara Sungai Barito

Standar TSS yang digunakan pada pengolahan peta yaitu menurut PP No 22 Tahun 2021. Baku mutu air digunakan sebagai tolak ukur terjadinya pencemaran air dan kualitas air (Widiarso & Hadiyanto, 2017). Baku mutu air sungai terbagi 5 kelas yaitu kelas I TSS sebesar 12 mg/L – 40 mg/L, kelas II sebesar TSS 40 mg/L – 60 mg/L, kelas III TSS sebesar 60 mg/L – 100 mg/L, kelas IV TSS sebesar 100 mg/L – 400 mg/L, dan kelas V TSS sebesar >400 mg/L.

Kelas satu (bahan baku air minum), kelas dua (sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan mengairi tanaman), kelas tiga (pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, dan mengairi tanaman), dan kelas empat (mengairi tanaman). Berdasarkan Gambar 18, TSS muara Sungai Barito berada di kelas I – kelas V. Masyarakat yang berada di wilayah pinggiran sungai banyak menggunakan air muara Sungai Barito untuk kehidupan sehari-harinya. Diketahui rata-rata

TSS nya berada di kelas II dan kelas III dimana masyarakat tersebut seharusnya tidak menggunakan air Sungai Barito sebagai bahan baku air minum, jika dikonsumsi dapat berdampak terhadap kesehatan masyarakat tersebut.

Validasi Model Regresi

Validasi model diperlukan untuk mengetahui apakah suatu model yang didapatkan mampu menggambarkan keadaan sebenarnya. Dalam hal ini, model dikatakan valid apabila nilai RMSE yang dihasilkan tergolong kecil. Pada Tabel 4 terlihat bahwa nilai RMSE yang paling kecil adalah nilai RMSE pada korelasi $NDTI_b$ dengan muatan suspensi menggunakan regresi polinomial sebesar 39,4649. Model tersebut juga dikatakan memiliki hubungan korelasi yang kuat. Sehingga model yang valid untuk penelitian ini adalah model regresi polynomial

orde 2. Akan tetapi penggunaan nilai spektral NDTI hanya dapat memberikan gambaran kualitas air secara kualitatif, pemantauan kualitatif ini dapat memberikan manfaat lebih apabila menggunakan teknologi citra yang dapat mengamati fluktuasi kekeruhan air dari waktu ke waktu dan memprediksi lahan yang akan menjadi sumber air keruh (Syam'ani, 2021). Jika lahan tersebut terdeteksi di atas citra, maka ke depan nya dapat direncanakan penanganan yang tepat untuk lahan tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Nilai estimasi muatan suspensi TSS in-situ dengan Polinomial Orde 2 NDTI Blue terdapat perbedaan nilai dimana hasil estimasi TSS dari Polinomial Orde 2 NDTI Blue rata-rata memiliki nilai yang lebih kecil dari data in-situ. Akurasi Polinomial Orde 2 NDTI Blue dalam mengestimasi TSS muara Sungai Barito didapatkan model Polinomial Orde 2 NDTI Blue dengan R² sebesar 0,5605 dan RMSE sebesar 39.465. Model ini dipilih karena 60% sebaran variabel independen atau variabel bebas dapat menjelaskan variabel dependen atau variabel terikat, sisanya 40% tidak dapat dijelaskan oleh variabel dependen, serta memiliki error yang rendah.

Saran

Berdasarkan penelitian ini saran yang dapat dilakukan yaitu perhitungan TSS secara in-situ pada setiap muara sungai perlu dilakukan lebih lanjut dengan memasukkan parameter yang sesuai dengan kondisi perairan. Selain itu, hasil dari penelitian ini juga dapat menjadi bahan pertimbangan untuk pengembangan Polinomial Orde 2 NDTI Blue dalam mengestimasi TSS yang lebih baik di masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Andini, V.M., A, I.M., Witasari, Y. 2015. Studi Persebaran Total Suspended Solid (TSS) Menggunakan Citra Aqua Modisdi Laut Senenu, Nusa Tenggara Barat. GEOID. 10(2): 204-213.
- Asdak, C. 1995. Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Ismunarti, D. H., Zainuri, M., Sugianto, D. N., & Sputra, S. W., 2020. Pengujian Reliabilitas Instrumen Terhadap Variabel Kontinu Untuk Pengukuran. Buletin Oseanografi Marina. 9(1); 1-8.

Lacaux, J.P., Tourre, Y.M., Vignolles, C., Ndione, J.A., Lafaye, M., 2007, Classification of Ponds from High-spatial Resolution Remote Sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal, Remote Sensing Environment, 106, pp. 66–74.

Maryam., Mudin, Y., & Rahman, A. 2019. Model Numerik Sebaran Sedimen Tersuspensi di Muara Sungai Pulege Kabupaten Donggala. Jurnal Gravitasi. 18(2) ; 106-118.

Purba, R. H., Mubarak., & Galib, M. 2018. Sebaran *Total Suspended Solid* (TSS) Di Kawasan Muara Sungai Kampar Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau. Jurnal Perikanan dan Kelautan. 23(1) ; 21-30.

Rosyadewi, R., & Hidayah, Z. 2020. Perbandingan Laju Sedimentasi dan Karakteristik Sedimen di Muara Socah Bangkalan dan Porong Sidoarjo. Jurnal Trunojoyo. 1(1) ; 75-86.

Syam'ani. 2021. Potensi Pemanfaatan Teknologi Citra Esa Sentinel-2 MSI Untuk Pemantauan Kualitas Air. Prosiding Semnas Lingkungan Lahan Basah. 6(2)

Togatorop, I. T., Atmodjo, W., & Widada, S. 2015. Pengaruh Arus terhadap Muatan Padatan Tersuspensi di Muara Sungai Kalimas, Surabaya. Jurnal Oseanografi. 4(1) ; 132-140.

Widiarto, A., & Hadiyanto. 2017. Status Cemar Sungai, Studi Kasus di Wilayah Pertemuan Kali Serang dengan Kali Lusi, Kabupaten Grobogan. [Thesis].Univeristas Diponegoro.