

APLIKASI CITRA LANDSAT MULTITEMPORAL UNTUK PEMANTAUAN DISTRIBUSI *TOTAL SUSPENDED SOLID* (TSS) PADA WADUK GAJAH MUNGKUR TAHUN 2012-2022

Nurul Astuti¹, Sigit Heru Murti², Prima Widayani²

Magister Penginderaan Jauh, Departemen Sains Informasi Geografi, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada¹

Magister Penginderaan Jauh, Departemen Sains Informasi Geografi, Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada²

Sekip Utara Jalan Kaliurang, Bulaksumur, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta

E-mail: nurulastuti@mail.ugm.ac.id

ABSTRAK

Total Suspended Solid (TSS) merupakan salah satu indikator dalam pemantauan kualitas air, secara visual kondisi atau distribusi TSS yang tinggi dapat diindera melalui pengamatan citra satelit. Banyak dampak yang disebabkan dari tingginya tingkat TSS pada badan air seperti kualitas air yang menurun, peningkatan suhu air hingga terganggunya keberlangsungan hidup biota air serta permasalahan lain yang timbul secara fisik pada wadah tubuh air yakni pendangkalan. Waduk Gajah Mungkur merupakan salah satu wadah penampungan air yang mengalami persoalan pada pendangkalan dasar waduk. Berdasarkan hal tersebut tujuan penelitian ini adalah memantau sebaran TSS pada badan air waduk menggunakan data citra Landsat multitemporal pada tahun pengamatan 2012-2022 dengan mempertimbangkan data curah hujan. Metode penginderaan jauh digunakan untuk menginterpretasi dan memetakan sebaran TSS pada badan air waduk dengan menggunakan algoritma Syarif Budhiman. Hasil yang diperoleh dari uji regresi linear dan uji akurasi standar error yaitu menunjukkan bahwa algoritma Syarif Budhiman mampu mempengaruhi nilai TSS lapangan dengan nilai koefisien determinasi yang diperoleh sebesar 0,34 dan nilai akurasi sebesar 62,131. Kondisi TSS selalu terlihat tinggi pada bagian utara waduk, dan sisi lain yang relatif tinggi diantaranya sisi timur dan selatan. Data curah hujan tidak memberikan pengaruh pada suplai TSS secara langsung di tubuh air waduk, terdapat faktor lain yang tidak diperhitungkan dalam penelitian ini ikut memberi pengaruh pada distribusi TSS.

Kata kunci: *Multitemporal, Penginderaan Jauh, Total Suspended Solid (TSS) dan Waduk Gajah Mungkur*

ABSTRACT

Total Suspended Solid (TSS) is one of the indicators in water quality monitoring, visually the condition or distribution of high TSS can be sensed through satellite image observations. Many impacts are caused by high levels of TSS in water bodies such as decreased water quality, increased water temperature to disruption of the survival of aquatic biota and other problems that arise physically in water body containers, namely siltation. Gajah Mungkur Reservoir is one of the water storage containers that is experiencing problems with siltation of the reservoir bottom. Based on this, the purpose of this research is to monitor the distribution of TSS in the reservoir water body using multitemporal image data in the 2012-2022 observation years by considering rainfall data. The remote sensing method is used to interpret and map the distribution of TSS in reservoir water bodies using the Syarif Budhiman algorithm. The results obtained from the linear regression test and standard error accuracy test show that the Syarif Budhiman algorithm is able to influence the field TSS value with a coefficient of determination obtained of 0.34 and an accuracy value of 62.131. TSS conditions are always seen high in the northern part of the reservoir, and other relatively high sides include the east and south sides. Rainfall data does not affect the supply of TSS directly in the reservoir water body, there are other factors that are not taken into the research contribute to the distribution of TSS.

Keywords: *Multitemporal, Remote Sensing, Total Suspended Solid (TSS) and Gajah Mungkur Reservoir.*

PENDAHULUAN

Kualitas air menjadi sangat penting bagi organisme hidup dipandang dari berbagai sudut pandang manfaat yang dirasakan. Seiring berjalannya waktu dan pengaruh perubahan iklim, tidak sedikit wadah-wadah penampungan air baik

dalam bentuk alami maupun buatan mengalami penurunan kualitas. Salah satu parameter yang digunakan dalam pengamatan kualitas air adalah *Total Suspended Solid* (TSS) (Zelenakova *et al.*, 2020). TSS erat kaitannya dengan proses erosi dan sedimentasi yang membawa partikel-partikel baik organik maupun anorganik ke badan air.

Partikel sedimen berdiameter lebih dari 2μ disebut sebagai padatan tersuspensi (*suspended solids*) sedangkan partikel sedimen dengan diameter kurang dari 2μ dianggap sebagai bahan terlarut (*dissolve material*) (Bid & Siddique, 2019).

Efek yang ditimbulkan dari meningkatnya konsentrasi TSS dalam kolom air yakni berkurangnya kemampuan sinar matahari menembus badan air, dimana sinar matahari tersebut sangat diperlukan bagi fitoplankton untuk berfotosintesis dan lebih lanjut diperlukan untuk membentuk rantai makanan pada ekosistem akuatik (X. Chen et al., 2010; Havens et al., 2011). Dampak dari melemahnya energi cahaya matahari yang masuk ke badan air dapat mempengaruhi suhu air, selanjutnya akan mempengaruhi kehidupan biologis dan laju reaksi kimia di dalamnya (Opdyke, 2008). Selain itu dampak fisik tingginya konsentrasi TSS dapat memberikan peluang besar pada pendangkalan dasar perairan. Banyak faktor yang mempengaruhi TSS diantaranya aktivitas manusia atau aktivitas antropogenik, curah hujan, angin dan kondisi tutupan lahan (Cao et al., 2022; Du et al., 2022).

Pengamatan TSS dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode diantaranya dapat dilakukan dengan investigasi in-situ, model fisik, simulasi numerik dan penginderaan jauh (J. Chen et al., 2015). Pemanfaatan penginderaan jauh untuk pengamatan kualitas air telah banyak digunakan dengan memanfaatkan data citra satelit seperti Landsat (Cao et al., 2022; Du et al., 2022; Sukmono, 2018; Xu et al., 2021). Pada dasarnya metode penginderaan jauh memanfaatkan gelombang elektromagnetik untuk merekam informasi pada permukaan bumi tanpa bersentuhan langsung. metode penginderaan jauh berpotensi untuk memperkirakan dan memetakan TSS dalam cakupan area yang luas (Topp et al., 2020). Data citra Landsat menyediakan koleksi data rekaman permukaan bumi yang panjang sejak tahun 1972 sehingga memungkinkan untuk melakukan pengamatan secara multitemporal dan kemudahan dalam akses data secara gratis pada *website* resminya.

Telah disinggung sebelumnya bahwa semakin berjalannya waktu, kondisi waduk tampungan air baik buatan maupun alami rentan mengalami permasalahan terutama dalam hal kualitas air. Pernyataan yang dikemukakan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tahun 2013 bahwa Waduk Gajah Mungkur mengalami penyusutan daya tampung air disebabkan karena erosi dan sedimentasi yang berdampak pada pendangkalan dasar waduk. Berdasarkan hal tersebut maka timbul rumusan masalah yakni belum banyak penelitian yang mengkaji tentang distribusi TSS secara multi temporal pada tubuh air Waduk Gajah Mungkur dengan memperhitungkan data curah hujan. Dengan melakukan pengamatan secara multi

temporal diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi untuk penelitian lebih lanjut mengenai penggunaan lahan sekitar waduk dan aspek lain yang menjadi sebab permasalahan waduk tersebut. Oleh karena itu perlu dilakukannya monitoring distribusi TSS pada lokasi perairan Waduk Gajah Mungkur dengan menggunakan metode penginderaan jauh dan data citra Landsat dengan mempertimbangkan data curah hujan selama sepuluh tahun dimulai dari tahun pengamatan tahun 2012 sampai dengan tahun 2022.

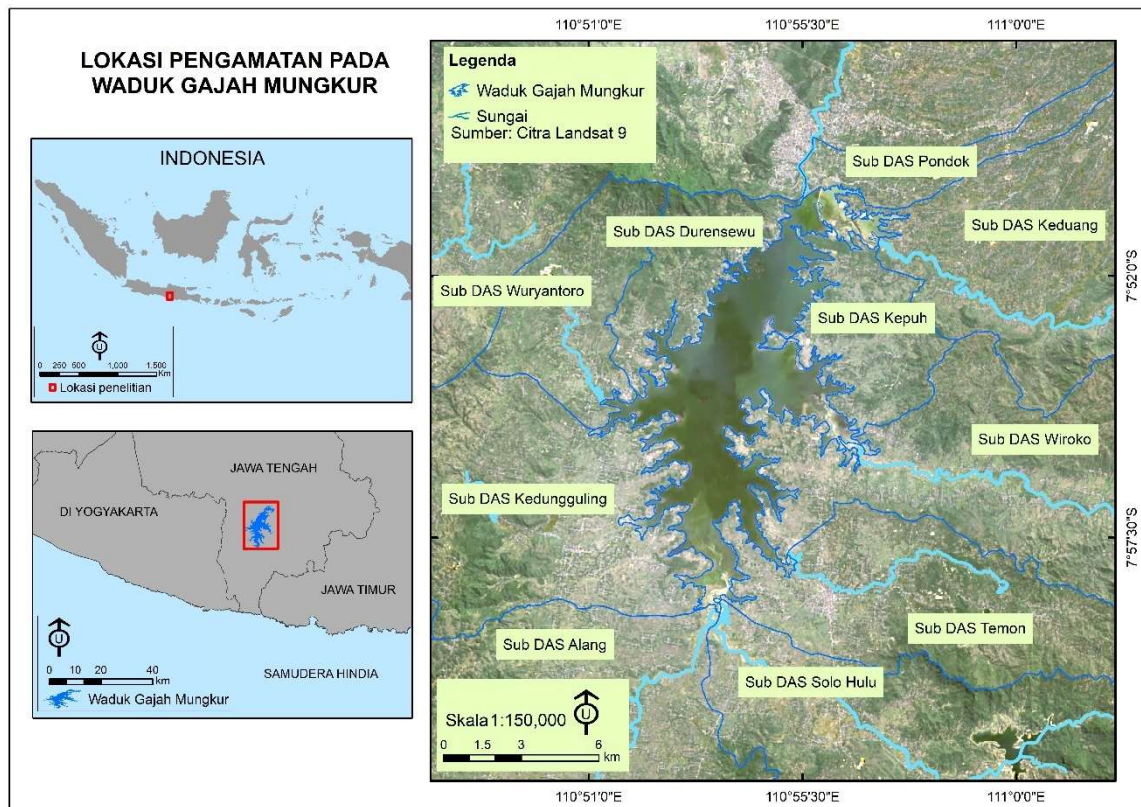
METODE

Lokasi Penelitian

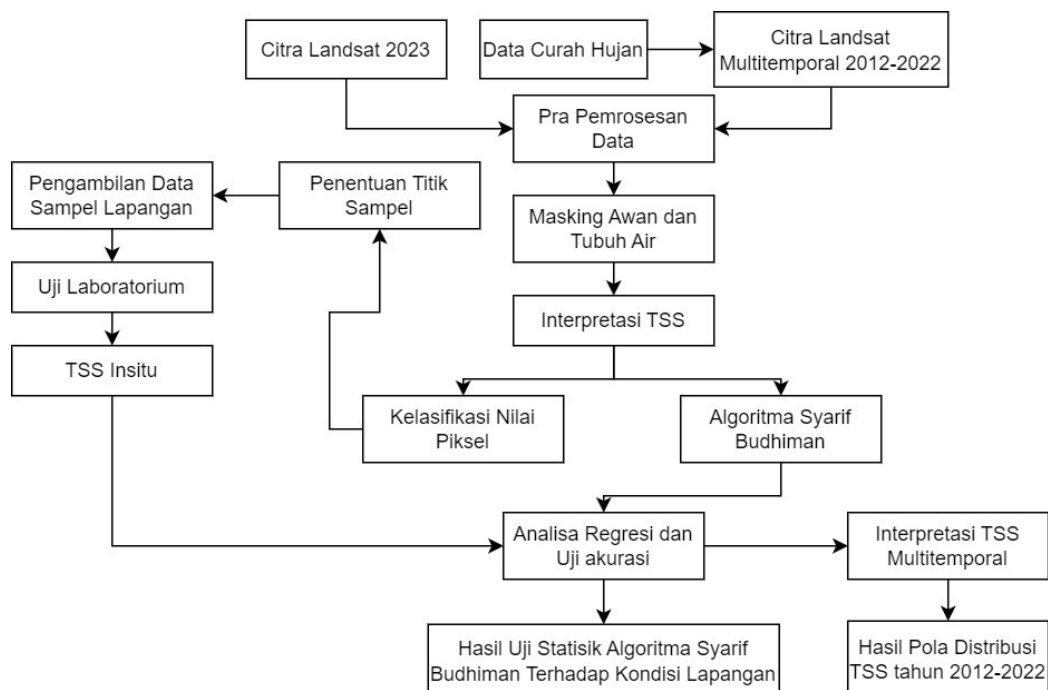
Lokasi penelitian ini berada di perairan Waduk Gajah Mungkur, secara administrasi berada di Kabupaten Wonogiri Provinsi Jawa Tengah. Luas wilayah perairan Waduk Gajah Mungkur sekitar 1.350 km^2 , Waduk Gajah Mungkur dikelilingi oleh beberapa SubDAS diantaranya Sub DAS Pondok, Keduang, Kepuh, Wiroko, Temon, Bengawan Solo Hulu, Alang, Kedungguling, Wuryantoro, Durensewu. Secara visual lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

Alat dan Bahan

Beberapa alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: seperangkat alat uji TSS yang digunakan dalam pengujian sampel air di laboratorium, *Global Positioning System* (GPS) sebagai penentu lokasi saat pengambilan sampel lapangan dan seperangkat komputer untuk pengolahan data serta penyusunan laporan. Sementara bahan penelitian ini menggunakan data citra Landsat dengan mengunduh pada *website* resmi *United State Geological Survey* (USGS) (<https://earthexplorer.usgs.gov/>), secara rinci dapat dilihat pada Tabel 1:



Gambar 1. Lokasi Pengamatan TSS di Waduk Gajah Mungkur



Gambar 2. Diagram Alir Proses Pengamatan

Tabel 1. Penggunaan Data Landsat

Satelite	Tanggal Perekaman	Data Pengamatan
Landsat 7	15 Feb 2012	2012
Landsat 8	26 Des 2013	2013
	11 Jan 2014	2014
	15 Feb 2015	2015
	17 Jan 2016	2016
	8 Mar 2017	2017
	23 Feb 2018	2018
	30 Mar 2019	2019
	16 Mar 2020	2020
	19 Mar 2021	2021
	19 Des 2022	2022
	31 Juli 2023	Titik sampel
Landsat 9	8 Agust 2023	Uji model dan akurasi

Data Rupa Bumi Indonesia Skala 1 : 25.000 diunduh melalui *website* resmi Badan Informasi Geospasial yang digunakan untuk penentuan batas administrasi, koreksi geometri, informasi lokasi sungai. Data lainnya yaitu peta Sub DAS Bengawan Solo Hulu yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Solo (BBWS Solo). Data curah hujan diperoleh dari Perum Jasa Tirta I.

Diagram alir

Diagram proses pengamatan TSS di Waduk Gajah Mungkur dapat dilihat pada Gambar 2. Seluruh data citra yang digunakan terlebih dahulu melalui tahap pra pemrosesan, masking awan dan masking tubuh air. Tahapan tersebut dapat dikatakan tahapan yang harus dilalui untuk dapat di analisa lebih lanjut untuk melakukan survei lapangan dan interpretasi multi temporal. Secara rinci, dalam proses pengamatan dan analisa data dapat dijelaskan sebagai berikut:

Pra Pengolahan Citra Lapangan

Data citra Landsat 8 dan 9, pada produk Landsat tersebut tidak memerlukan koreksi geometri sementara data citra Landsat 7 masih memerlukan koreksi geometri. Semua data citra Landsat yang digunakan melalui tahap koreksi radiometrik untuk mengubah nilai piksel sebagai nilai yang sebenarnya di lapangan. Bentuk data pada citra Landsat asli masih dalam *digital number* (DN), DN belum mencerminkan kondisi permukaan bumi yang sebenarnya untuk itu perlu diproses menjadi nilai spektral radian yang selanjutnya diproses kembali menjadi nilai *spectral reflectance* (Kustiyo, 2014). Proses *masking* awan dan bayangan diperlukan untuk meminimalisir kesalahan dalam interpretasi nilai piksel TSS.

Masking Tubuh Air

Fokus area pada penelitian ini adalah tubuh air Waduk Gajah Mungkur, untuk itu diperlukan proses *masking* tubuh air dan daratan. Metode yang digunakan untuk memisahkan tubuh air dan daratan adalah dengan persamaan *Modified Normalized Difference Water Index* (MNDWI). MNDWI secara umum memiliki performa yang lebih baik dari NDWI dan cukup efisien menekan pengaruh tanah dan vegetasi (Rad *et al.*, 2021), berikut ini adalah persamaan yang digunakan:

$$MNDWI = \frac{Green - SWIR_1}{Green + SWIR_1} \dots\dots\dots (1)$$

Interpretasi TSS

Proses interpretasi TSS di bagi menjadi dua yakni pengkelasan secara manual berdasarkan nilai piksel dan interpretasi dengan menggunakan algoritma Syarif Budhiman. Pengelasan nilai piksel dimaksudkan untuk membantu dalam menentukan titik sampel dalam survei lapangan, sehingga diharapkan semua kelas berdasarkan nilai piksel dapat terwakili. Data citra yang digunakan dalam pengkelasan nilai piksel adalah data citra Landsat tanggal 31 Juli 2023. Selanjutnya pada tahap interpretasi lebih lanjut menggunakan algoritma TSS Syarif Budhiman. Algoritma ini dikembangkan pada perairan Delta Mahakam menggunakan Metode *bio optical modelling* untuk menganalisis sebaran dan material tersuspensi dengan memanfaatkan metode penginderaan jauh (Sukmono, 2018). Persamaan 2 berikut adalah persamaan TSS yang digunakan pada penelitian ini:

$$TSS = ((8.1744 * \text{Exp}^{(23.704 * 0.94 * \text{Band Merah}))}) \dots\dots\dots (2)$$

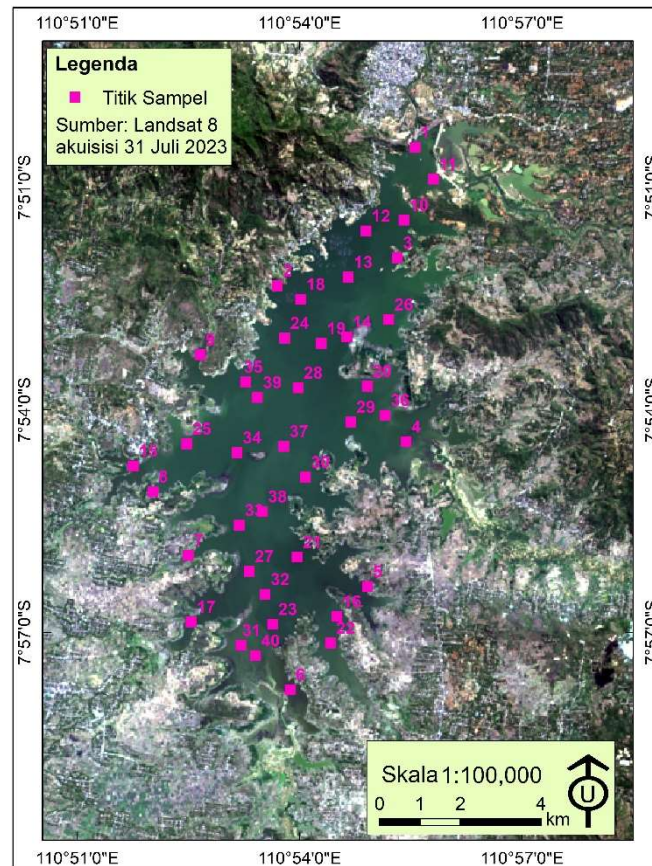
Keterangan:

TSS dalam satuan (mg/L)

Band Merah = reflektansi *band* merah

Exp = eksponensial pangkat

Perilaku panjang gelombang yang bersinggungan dengan objek berupa bahan tersuspensi organik maupun anorganik dari *Suspended Particulate Matter* (SPM) akan menyebarkan (*scatters*) panjang gelombang (merah) yang lebih panjang dengan kuat, sehingga memberikan warna coklat kemerahan pada air dengan konsentrasi sedimen yang tinggi ((Jungblut *et al.*, 2018). Sedimen tersuspensi pada badan air umumnya akan tampak lebih terang dalam data penginderaan jauh daripada badan air tanpa sedimen tersuspensi di sekitarnya. Pantulan air murni sangat rendah pada *band* hijau dan merah, sementara pantulan air akan meningkat pada *band* biru (Bid & Siddique, 2019).

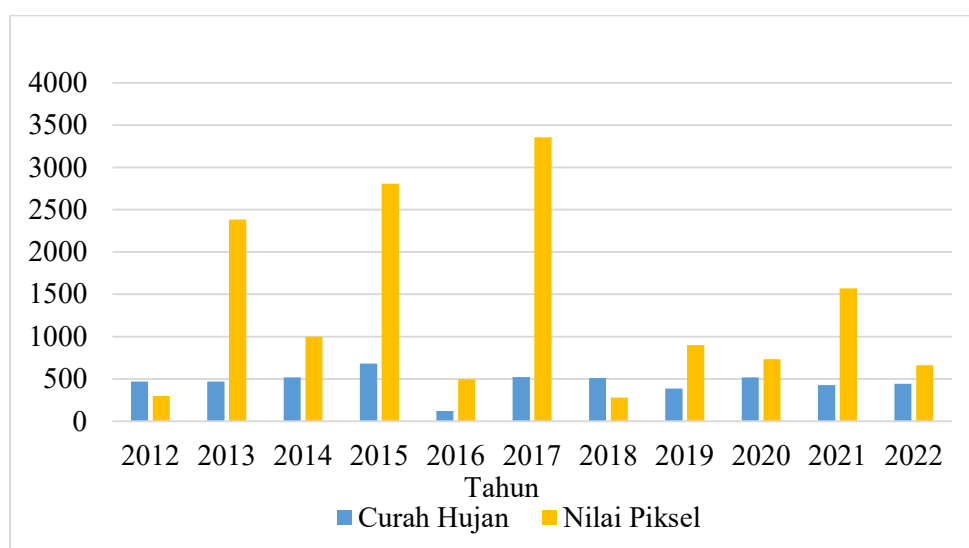


Gambar 3. Sebaran Titik Sampel Lapangan

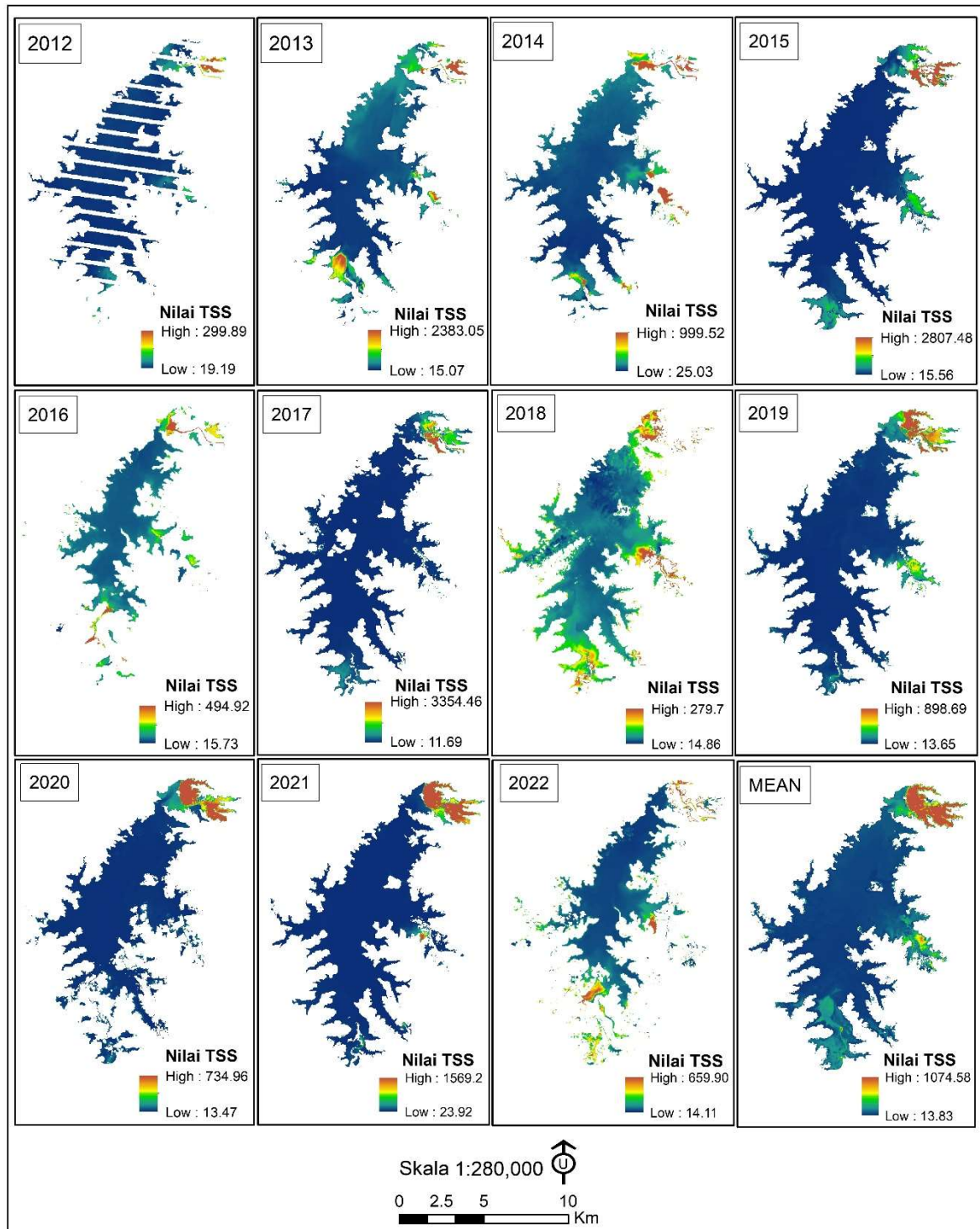
Survei Lapangan

Survei lapangan ditujukan untuk mendapatkan sampel air pada waduk. Metode *stratified sampling* digunakan untuk menentukan titik pengambilan sampel air di lapangan. Nilai piksel tubuh air dikelompokkan kedalam 6 kelas secara manual. Sebanyak 40 titik uji lapangan

ditentukan dengan komposisi tersebar merata untuk membangun model dan menguji akurasi. Sampel air diambil dari kedalaman 50 – 100 cm dari permukaan air dan segera dilakukan uji laboratorium secara gravimetri untuk mendapatkan kandungan TSS. Secara visual distribusi titik sampel dapat dilihat pada gambar 3;



Gambar 4. Grafik perbandingan curah hujan maksimum dan nilai TSS maksimu



Gambar 5. Distribusi TSS pada pengamatan multitemporal 2012-2022

Uji Statistik

Uji regresi linier digunakan dalam membangun model dan uji standar eror sebagai uji akurasi. Penggunaan uji regresi dilakukan untuk memperoleh korelasi antara dua variabel atau lebih dan mengetahui besarnya pengaruh antara variabel terikat (pengamatan lapangan) terhadap variabel bebas (nilai piksel hasil pengolahan citra). Uji akurasi model dilakukan untuk mengetahui

keandalan model, dengan menggunakan metode *Standard Error of Estimate* (SE).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan sampel penelitian dilakukan dengan mengelaskan nilai piksel dari data citra Landsat 8 tanggal 31 Juli 2023, sementara itu survei lapangan dilakukan pada tanggal 8 Agustus 2023 untuk mendapatkan sampel uji air sesuai titik

yang telah ditentukan. Penentuan tanggal survei ini dilakukan dengan pertimbangan jadwal cita satelit Landsat yang merekam permukaan bumi, sehingga diharapkan data lapangan yang diperoleh memiliki kesalahan yang minim dan memiliki kesesuaian antara data citra dan data lapangan. Berdasarkan 40 titik sampel tersebut selanjutnya dipilih 20 sampel untuk membangun model menggunakan regresi linear dan 20 sampel lainnya digunakan untuk uji akurasi dari hasil pengolahan citra Landsat 9 tanggal 8 Agustus 2023.

Hasil regresi menunjukkan bahwa algoritma Syarif Budhiman yang digunakan mampu mempengaruhi nilai TSS lapangan sebesar 34 % dilihat dari hasil regresi pada koefisien determinasi dan selebihnya TSS dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diamati pada penelitian ini. Sementara itu berdasarkan uji akurasi yang dilakukan memberikan hasil tingkat akurasi model Syarif Budhiman sebesar 62,131 pada lokasi penelitian. Hasil uji statistik yang digunakan tersebut termasuk cukup baik, mengingat sifat TSS yang dinamis di lapangan.

Penentuan data untuk pengamatan multitemporal seperti yang ditampilkan pada Tabel 1 didasarkan pada pencocokan data curah hujan bulanan dengan ketersediaan data citra bebas awan di *website* USGS. Prioritas dalam memilih data citra Landsat yaitu keberadaan tutupan awan yang bersih atau minim pada permukaan Waduk Gajah Mungkur dan mempertimbangkan data curah hujan tertinggi pada bulan penghujan. Apabila tidak diperoleh data citra dengan kondisi awan yang bersih atau minim maka level data curah hujan bulanan di turunkan, atau dapat diartikan mencari data citra pada bulan dengan curah hujan tertinggi ke dua dan seterusnya.

Pengamatan multitemporal tahun 2012-2022 dilakukan dengan hasil yang dapat dilihat pada Gambar 5. Jika dilihat berdasarkan pola dari nilai minimum dan maksimum hasil interpretasi TSS tersebut, diperoleh pola yang hampir tidak berbeda selama 10 tahun pengamatan. Kondisi TSS selalu terlihat tinggi pada bagian utara waduk yang bersinggungan dengan Sub DAS Pondok. Selain itu terdapat sisi waduk lainnya yang menunjukkan kecenderungan konsentrasi TSS tinggi diantaranya pada sisi waduk timur yang bersinggungan dengan Sub DAS Keduang, Kepuh, Wiroko, Temon dan pada wilayah waduk bagian selatan yang bersinggungan dengan Sub DAS Alang dan Sub DAS Solo Hulu. Sub DAS-Sub DAS tersebut dapat dimungkinkan berpotensi menyuplai partikel-partikel TSS pada perairan waduk. Grafik perbandingan TSS dan curah hujan maksimum dapat dilihat pada Gambar 4.

Berdasarkan diagram perbandingan curah hujan maksimum dan nilai TSS tertinggi disetiap tahun pengamatan dapat diamati pola fluktuasi antara curah hujan dan TSS, curah hujan yang

meningkat ditahun berikutnya tidak selalu diimbangi dengan kenaikan nilai maksimum TSS. Pola nilai maksimum TSS mengalami kenaikan pada tahun ke dua selanjutnya mengalami penurunan pada tahun ke tiga serta terjadi pola yang sama ditahun selanjutnya yakni naik dan turun saling berganti. Analisa TSS dengan menghubungkan pada data curah hujan memberikan informasi bahwa curah hujan tidak secara langsung mempengaruhi keadaan TSS di lokasi pengamatan. Terdapat banyak faktor lain yang mempengaruhi kondisi TSS di lapangan, secara garis besar dapat dibedakan menjadi dua kategori yaitu faktor alam dan faktor aktivitas manusia. Faktor alam dapat berupa curah hujan, angin, vegetasi, sementara pada faktor manusia dapat meliputi penggunaan pupuk, pembuangan limbah domestik, pembuangan limbah industri (Du *et al.*, 2022) dan kegiatan manusia lainnya.

KESIMPULAN

Pola spasial TSS di Waduk Gajah Mungkur secara temporal pada tahun pengamatan 2012 sampai dengan 2022 memiliki pola yang dapat disimpulkan serupa. TSS selalu tinggi pada area waduk bagian utara yang berdekatan dengan outlet waduk selanjutnya TSS tinggi juga terjadi pada sisi timur dan selatan waduk. Faktor curah hujan tidak berpengaruh secara langsung kepada tingginya TSS di badan air, melainkan adanya faktor lain yang ikut berperan. Kondisi Sub DAS yang bersinggungan pada sisi utara, timur dan selatan waduk dapat ditinjau kembali untuk meminimalisir penambahan TSS ke dalam waduk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada keluarga, Bapak Ibu Dosen pembimbing Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada serta rekan-rekan yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini. Ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada *United State Geological Survey* (USGS), Perum Jasa Tirta I dan BBWS Solo yang telah menyediakan data sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Bid, S., & Siddique, G. (2019). Identification of seasonal variation of water turbidity using NDTI method in Panchet Hill Dam, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 5(4), 1179–1200. <https://doi.org/10.1007/s40808-019-00609-8>
- Cao, B., Qiu, J., Zhang, W., Xie, X., Lu, X., Yang, X., & Li, H. (2022). Retrieval of Suspended Sediment Concentrations in the Pearl River Estuary Using Multi-Source Satellite

- Imagery. *Remote Sensing*, 14(16), 3896.
<https://doi.org/10.3390/rs14163896>
- Chen, J., Quan, W., Cui, T., & Song, Q. (2015). Estimation of total suspended matter concentration from MODIS data using a neural network model in the China eastern coastal zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 155, 104–113.
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.01.018>
- Chen, X., Lu, J., Cui, T., Jiang, W., Tian, L., Chen, L., & Zhao, W. (2010). Coupling remote sensing retrieval with numerical simulation for SPM study—Taking Bohai Sea in China as a case. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12, S203–S211.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2009.10.002>
- Du, Y., Song, K., Wang, Q., Li, S., Wen, Z., Liu, G., Tao, H., Shang, Y., Hou, J., Lyu, L., & Zhang, B. (2022). Total suspended solids characterization and management implications for lakes in East China. *Science of The Total Environment*, 806, 151374.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151374>
- Havens, K. E., Beaver, J. R., Casamatta, D. A., East, T. L., James, R. T., McCormick, P., Philips, E. J., & Rodusky, A. J. (2011). Hurricane effects on the planktonic food web of a large subtropical lake. *Journal of Plankton Research*, 33(7), 1081–1094.
<https://doi.org/10.1093/plankt/fbr002>
- Jungblut, S., Liebich, V., & Bode, M. (Eds.). (2018). *YOUMARES 8 – Oceans Across Boundaries: Learning from each other: Proceedings of the 2017 conference for YOUNg MARine REsearchers in Kiel, Germany*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-93284-2>
- Opdyke, D. (2008). Hydrodynamics and Water Quality: Modeling Rivers, Lakes, and Estuaries. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 89(39), 366–366.
<https://doi.org/10.1029/2008EO390008>
- Rad, A. M., Kreitler, J., & Sadegh, M. (2021). Augmented Normalized Difference Water Index for improved surface water monitoring. *Environmental Modelling & Software*, 140, 105030.
<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105030>
- Sukmono, A. (2018). Pemantauan Total Suspended Solid (TSS) Waduk Gajah Mungkur periode 2013-2017 dengan Citra Satelit Landsat-8. *Elipsoida: Jurnal Geodesi dan Geomatika*, 1(01).
<https://doi.org/10.14710/elipsoida.2018.2812>
- Topp, S. N., Pavelsky, T. M., Jensen, D., Simard, M., & Ross, M. R. V. (2020). Research Trends in the Use of Remote Sensing for Inland Water Quality Science: Moving Towards Multidisciplinary Applications. *Water*, 12(1), 169.
<https://doi.org/10.3390/w12010169>
- Xu, H., Xu, G., Wen, X., Hu, X., & Wang, Y. (2021). Lockdown effects on total suspended solids concentrations in the Lower Min River (China) during COVID-19 using time-series remote sensing images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 98, 102301.
<https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102301>
- Zelenakova, M., Hlavínek, P., & Negm, A. M. (Eds.). (2020). *Management of Water Quality and Quantity*. Springer International Publishing.
<https://doi.org/10.1007/978-3-030-18359-2>