

Analisis Kekeruhan Air pada Situ di Provinsi Jawa Barat Berdasarkan Indeks NDTI Berbasis Citra Sentinel-2A

Analysis of Water Turbidity in Lakes (Situ) in West Java Province Using the Normalized Difference Turbidity Index (NDTI) Based on Sentinel-2A Imagery

Akbar Wina Putra¹, Afif Ari Wibowo, S.Si., M.Sc.²
Fakultas Geografi, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Surakarta
E-mail: ums@ums.ac.id

Abstract

Water turbidity is one of the key indicators used to evaluate water quality because it reflects the amount of suspended particles in a water body. Monitoring turbidity through field observations provides reliable results, but it often requires considerable time, cost, and manpower, especially when covering a large number of locations. This study aimed to assess water turbidity in 16 lakes (situ) across West Java Province by applying the Normalized Difference Turbidity Index (NDTI) derived from Sentinel-2A satellite imagery and comparing the results with field measurements of Total Suspended Solids (TSS) and turbidity. The study employed descriptive, comparative, and spatial approaches. Satellite images were processed using Google Earth Engine, while field data were obtained through direct measurements and laboratory analysis. The findings showed that NDTI was generally able to represent the spatial pattern of water turbidity observed in the field. Lakes with relatively higher NDTI values tended to have higher TSS and turbidity values, although differences were found at several locations due to local environmental conditions and variations in water characteristics. These results indicate that NDTI derived from Sentinel-2A imagery can support efficient spatial monitoring of inland water quality and complement conventional field observations.

Keywords: NDTI, Sentinel-2A, water turbidity, TSS, water quality

Abstrak

Kekeruhan air merupakan salah satu parameter penting untuk menggambarkan kondisi kualitas perairan karena berkaitan dengan banyaknya partikel tersuspensi di dalam air. Pengukuran secara langsung di lapangan mampu memberikan hasil yang baik, tetapi membutuhkan waktu, biaya, dan tenaga yang cukup besar apabila dilakukan pada banyak lokasi. Penelitian ini bertujuan menganalisis tingkat kekeruhan air pada 16 situ di Provinsi Jawa Barat menggunakan *Normalized Difference Turbidity Index (NDTI)* yang diperoleh dari citra Sentinel-2A, kemudian membandingkan hasilnya dengan data lapangan berupa *Total Suspended Solid (TSS)* dan *turbiditas*. Penelitian dilakukan menggunakan pendekatan deskriptif, komparatif, dan analisis spasial. Pengolahan citra dilakukan melalui *Google Earth Engine*, sedangkan data lapangan diperoleh dari pengukuran langsung dan pengujian laboratorium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *NDTI* secara umum mampu menggambarkan pola kekeruhan air yang ditemukan di lapangan. Situ dengan nilai *NDTI* yang lebih tinggi cenderung memiliki nilai *TSS* dan *turbiditas* yang lebih tinggi, meskipun pada beberapa lokasi masih dijumpai perbedaan yang dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan dan kondisi perairan setempat. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan *NDTI* berbasis citra Sentinel-2A dapat menjadi alternatif yang efektif untuk memantau kondisi kekeruhan air secara spasial dan mendukung pengelolaan kualitas perairan.

Kata kunci: NDTI, Sentinel-2A, kekeruhan air, TSS, kualitas air

1. PENDAHULUAN

Situ merupakan salah satu ekosistem perairan darat yang memiliki fungsi penting dalam mendukung kehidupan masyarakat dan menjaga keseimbangan lingkungan. Selain dimanfaatkan sebagai sumber air, irigasi, perikanan, pengendali banjir, serta kawasan wisata, situ juga berperan sebagai habitat berbagai organisme akuatik. Namun, perubahan penggunaan lahan dan meningkatnya aktivitas manusia di sekitar kawasan situ dapat memengaruhi kualitas perairan. Masuknya sedimen, limbah domestik, maupun material organik ke badan air menyebabkan konsentrasi partikel tersuspensi meningkat sehingga tingkat kekeruhan air menjadi lebih tinggi. Kondisi tersebut dapat mengurangi penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan, menghambat proses fotosintesis, dan pada akhirnya memengaruhi keseimbangan ekosistem perairan (Effendi, 2016).

Penilaian kondisi kekeruhan air umumnya dilakukan melalui pengambilan sampel di lapangan menggunakan parameter seperti *Total Suspended Solid (TSS)* dan *turbiditas*. Metode ini mampu memberikan hasil yang baik, tetapi pelaksanaannya membutuhkan waktu, tenaga, serta biaya yang relatif besar apabila dilakukan pada banyak lokasi dalam waktu yang bersamaan (Effendi, 2016). Oleh karena itu, pemanfaatan teknologi penginderaan jauh menjadi salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk memantau kondisi kualitas air secara lebih efisien. Citra satelit menyediakan informasi spasial yang luas sehingga memungkinkan pengamatan kondisi perairan dilakukan secara lebih cepat dibandingkan metode konvensional. Pemanfaatan penginderaan jauh dalam kajian lingkungan juga telah berkembang sebagai salah satu pendekatan yang efektif untuk mendukung pemantauan sumber daya alam dan kualitas lingkungan (Vanhellemont, 2019).

Salah satu *indeks* yang banyak digunakan dalam analisis kekeruhan air adalah *Normalized Difference Turbidity Index (NDTI)*. Indeks ini memanfaatkan perbedaan nilai reflektansi pada kanal merah (*red*) dan hijau (*green*) untuk menggambarkan tingkat kekeruhan perairan (Pahlevan dkk., 2021). Dengan dukungan citra Sentinel-2A yang memiliki resolusi spasial 10 meter, variasi kondisi kekeruhan pada badan air dapat diamati secara lebih rinci sehingga mampu memberikan informasi mengenai pola persebaran kekeruhan secara spasial (Caballero dkk., 2020). Hasil analisis citra kemudian dapat dibandingkan dengan data lapangan untuk mengetahui sejauh mana nilai indeks mampu merepresentasikan kondisi perairan yang sebenarnya.

Provinsi Jawa Barat memiliki banyak situ dengan karakteristik fisik, luas, serta bentuk pemanfaatan yang berbeda sehingga kondisi kualitas airnya juga bervariasi. Penelitian ini dilakukan pada 16 situ yang dipilih berdasarkan ketersediaan citra Sentinel-2A dan data lapangan berupa nilai *TSS* serta *turbiditas*. Perbandingan antara hasil pengolahan citra dan data lapangan diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai kemampuan *NDTI* dalam merepresentasikan kondisi kekeruhan air pada berbagai karakteristik situ di Provinsi Jawa Barat.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk (1) menganalisis tingkat kekeruhan air pada 16 situ di Provinsi Jawa Barat menggunakan *Normalized Difference Turbidity Index (NDTI)*, (2) mengidentifikasi kondisi kekeruhan berdasarkan data lapangan berupa *TSS* dan *turbiditas*, serta (3) menganalisis kesesuaian antara hasil *NDTI* dengan data lapangan dalam menggambarkan kondisi kekeruhan air.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada 16 situ yang tersebar di Provinsi Jawa Barat, yaitu Situ Rawa Gede, Situ Cipalahar, Situ Cibeureum, Situ Burangkeng, Situ Leungsir, Situ Kemang, Situ Lengkong Barang, Situ Ciater, Situ Lengkong Panjalu, Situ Cibubuhan, Situ Hyang, Situ Wangi, Situ Kamojing, Situ Citayam, Situ Pitara/Pancoran Mas, dan Situ Cikalong. Lokasi penelitian dipilih menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu berdasarkan ketersediaan citra satelit Sentinel-2A serta data lapangan berupa *Total Suspended Solid (TSS)* dan *turbiditas* yang diperoleh pada periode pengamatan yang sama. Pendekatan tersebut digunakan agar hasil analisis citra dapat dibandingkan secara langsung dengan kondisi lapangan.

Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif, komparatif, dan analisis spasial. Pendekatan deskriptif digunakan untuk menggambarkan kondisi kekeruhan air pada setiap situ berdasarkan nilai *Normalized Difference Turbidity Index (NDTI)*, *TSS*, dan *turbiditas*. Pendekatan komparatif digunakan untuk membandingkan hasil analisis citra satelit dengan data lapangan, sedangkan analisis spasial digunakan untuk mengidentifikasi pola persebaran tingkat kekeruhan air pada lokasi penelitian.

Data penginderaan jauh diperoleh dari citra Sentinel-2A Level-2A yang diakses melalui platform *Google Earth Engine (GEE)*. Citra dipilih dengan tingkat tutupan awan kurang dari 10% serta memiliki rentang waktu maksimal lima hari dari waktu pengambilan sampel lapangan. Tahapan pengolahan citra meliputi pemilihan citra, pemotongan citra (*clipping*)

sesuai batas masing-masing situ, kemudian perhitungan Normalized Difference Turbidity Index (NDTI) menggunakan Band 4 (*red*) dan Band 3 (*green*) Sentinel-2A dengan persamaan sebagai berikut:

$$NDTI = \frac{Red - Green}{Red + Green}$$

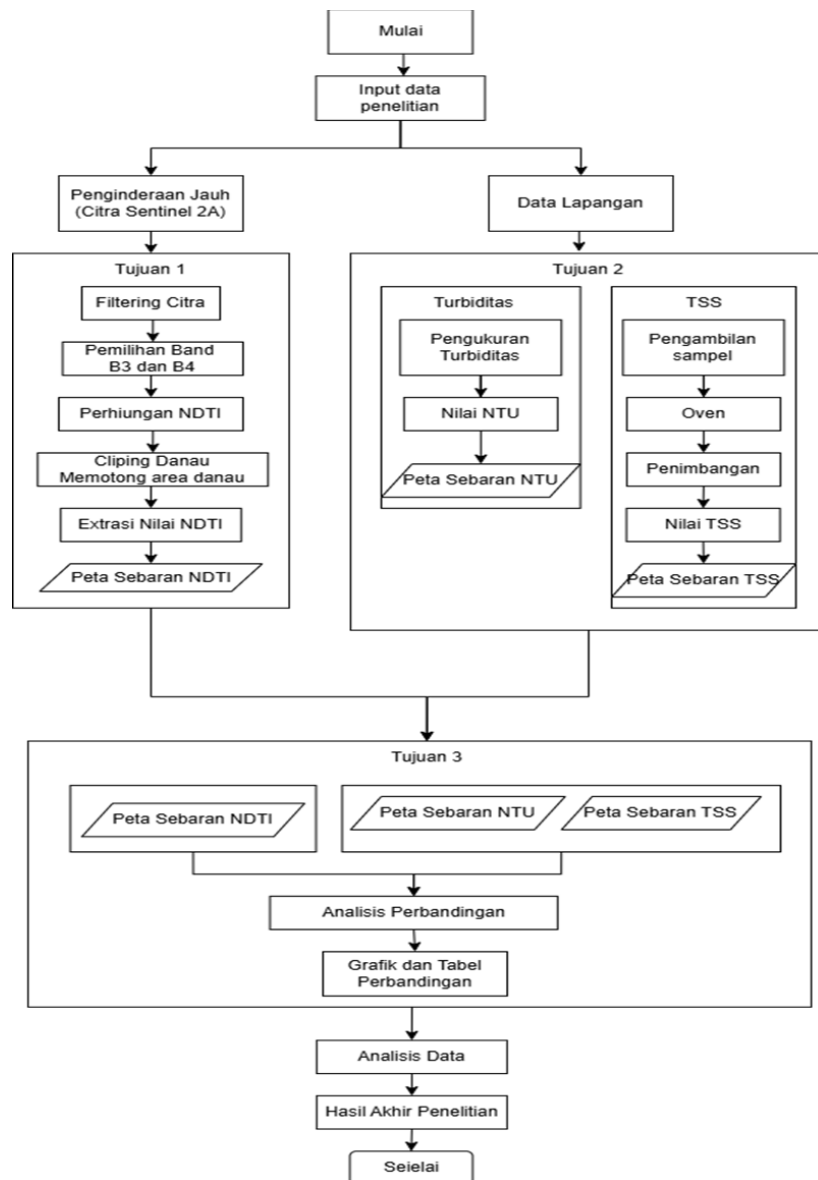
Persamaan tersebut digunakan untuk memperoleh nilai indeks yang menggambarkan karakteristik spektral kekeruhan perairan berdasarkan kombinasi reflektansi kanal merah dan hijau (Pahlevan dkk., 2017).

Nilai NDTI yang dihasilkan selanjutnya diekstraksi untuk memperoleh nilai rata-rata pada setiap situ sebagai dasar analisis tingkat kekeruhan air.

Data lapangan diperoleh melalui pengambilan sampel air pada tiga zona pengamatan, yaitu inlet, tengah, dan outlet. Penentuan titik pengamatan dilakukan menggunakan teknik *purposive sampling* agar mampu mewakili karakteristik setiap situ. Pada bagian tengah perairan digunakan satu titik pengamatan yang dianggap mewakili kondisi badan air, sedangkan sampel yang dianalisis merupakan sampel komposit vertikal yang berasal dari lapisan permukaan, tengah, dan dekat dasar perairan. Pengukuran turbiditas dilakukan secara langsung menggunakan turbidimeter, sedangkan nilai *TSS* diperoleh melalui pengujian laboratorium menggunakan metode filtrasi sehingga menghasilkan konsentrasi padatan tersuspensi dalam satuan mg/L.

Nilai rata-rata *NDTI* kemudian dibandingkan dengan nilai rata-rata *TSS* dan turbiditas untuk mengetahui kesesuaian hasil penginderaan jauh dengan kondisi lapangan. Agar ketiga parameter yang memiliki satuan berbeda dapat dibandingkan secara proporsional, dilakukan proses normalisasi menggunakan metode *Min–Max Normalization*. Hasil analisis selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel, grafik, dan peta, kemudian diinterpretasikan secara deskriptif untuk menjelaskan pola persebaran tingkat kekeruhan air serta hubungan antara nilai *NDTI*, *TSS*, dan *turbiditas* pada 16 situ di Provinsi Jawa Barat.

Tahapan penelitian secara umum disajikan pada Gambar 1.



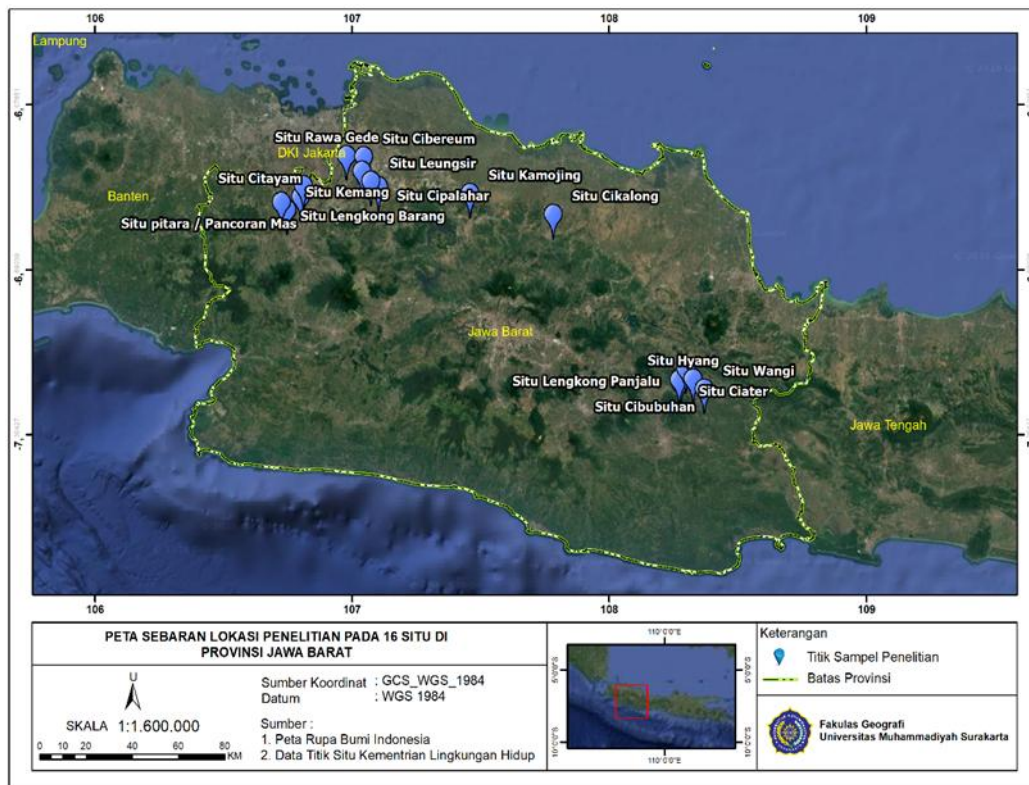
Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Sumber: Penulis, 2026.

Gambar 1 menunjukkan, penelitian diawali dengan pengumpulan data citra Sentinel-2A dan data lapangan berupa *TSS* serta *turbiditas*. Selanjutnya dilakukan pengolahan citra menggunakan *Google Earth Engine* untuk memperoleh nilai *NDTI*. Hasil pengolahan citra kemudian diekstraksi dan dibandingkan dengan data lapangan melalui analisis deskriptif, komparatif, dan spasial sehingga diperoleh gambaran kondisi kekeruhan air pada masing-masing situ.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan pada 16 situ yang tersebar di beberapa kabupaten dan kota di Provinsi Jawa Barat. Lokasi penelitian dipilih menggunakan teknik *purposive sampling* berdasarkan ketersediaan citra Sentinel-2A serta data lapangan berupa nilai *Total Suspended Solid (TSS)* dan *turbiditas*. Sebaran lokasi penelitian disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian pada 16 Situ di Provinsi Jawa Barat

Sumber: Penulis, 2026.

Lokasi penelitian tersebar di Kabupaten Bekasi, Kota Bekasi, Kota Bogor, Kabupaten Karawang, Kabupaten Ciamis, Kota Depok, dan Kabupaten Subang. Sebaran lokasi tersebut menunjukkan bahwa objek penelitian berada pada kondisi geografis dan karakteristik lingkungan yang beragam. Perbedaan kondisi tersebut memungkinkan analisis dilakukan pada berbagai tipe situ sehingga hasil penelitian dapat memberikan gambaran kondisi kekeruhan air yang lebih representatif di Provinsi Jawa Barat.

Hasil pengolahan citra Sentinel-2A menggunakan *Normalized Difference Turbidity Index (NDTI)* menunjukkan adanya variasi nilai kekeruhan pada setiap situ. Nilai rata-rata *NDTI* masing-masing situ disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Rata-rata *NDTI* pada 16 Situ di Provinsi Jawa Barat

No	Nama Situ	Rata-rata <i>NDTI</i>
1	Situ Rawa Gede	-0,047
2	Situ Cipalahar	-0,063
3	Situ Cibeureum	-0,035
4	Situ Burangkeng	0,004
5	Situ Leungsir	-0,059
6	Situ Kemang	-0,060
7	Situ Lengkong Barang	-0,069
8	Situ Ciater	-0,038
9	Situ Lengkong Panjalu	-0,036
10	Situ Cibubuhan	-0,041
11	Situ Hyang	-0,060
12	Situ Wangi	-0,053
13	Situ Kamojing	-0,032
14	Situ Citayam	-0,068
15	Situ Pitara/Pancoran Mas	-0,010
16	Situ Cikalong	-0,069

Sumber: Penulis, 2026

Hasil Tabel 1 menunjukkan nilai rata-rata *NDTI* pada 16 situ berkisar antara $-0,069$ hingga $0,004$. Nilai tertinggi diperoleh pada Situ Burangkeng sebesar $0,004$, sedangkan nilai terendah terdapat pada Situ Lengkong Barang dan Situ Cikalong, masing-masing sebesar $-0,069$. Sebagian besar situ memiliki nilai *NDTI* negatif yang menunjukkan adanya variasi karakteristik optik perairan pada lokasi penelitian.

Nilai *NDTI* merupakan indeks spektral sehingga tidak dapat langsung diinterpretasikan sebagai nilai kekeruhan air dalam satuan tertentu. Oleh karena itu, hasil analisis *NDTI* perlu dibandingkan dengan data lapangan agar dapat diketahui sejauh mana indeks tersebut mampu menggambarkan kondisi kekeruhan air pada setiap situ (Vanhellemont, 2020).

Sebagai pembandingan terhadap hasil analisis citra, dilakukan pengukuran lapangan menggunakan parameter *Total Suspended Solid (TSS)*. Nilai rata-rata *TSS* pada setiap situ disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Rata-rata *Total Suspended Solid (TSS)* pada 16 Situ di Provinsi Jawa Barat

No	Nama Situ	Inlet (mg/L)	Tengah (mg/L)	Outlet (mg/L)	Rata-rata (mg/L)
1	Situ Rawa Gede	78	70	65	71
2	Situ Cipalahar	55	49	44	49
3	Situ Cibeureum	82	75	70	76
4	Situ Burangkeng	90	84	79	84
5	Situ Leungsir	50	46	42	46
6	Situ Kemang	58	52	48	53
7	Situ Lengkong Barang	45	40	37	41
8	Situ Ciater	73	68	62	68
9	Situ Lengkong Panjalu	76	70	65	70
10	Situ Cibubuhan	48	43	39	43
11	Situ Hyang	57	52	47	52
12	Situ Wangi	60	55	50	55
13	Situ Kamojing	80	74	69	74
14	Situ Citayam	46	42	38	42
15	Situ Pitara/Pancoran Mas	71	65	60	65
16	Situ Cikalong	44	39	35	39

Sumber: Penulis, 2026.

Hasil pengukuran *Total Suspended Solid (TSS)* pada 16 situ di Provinsi Jawa Barat menunjukkan variasi yang cukup beragam, dengan nilai rata-rata berkisar antara 39 mg/L hingga 84 mg/L. Nilai rata-rata *TSS* tertinggi terdapat pada Situ Burangkeng sebesar 84 mg/L, sedangkan nilai terendah terdapat pada Situ Cikalong sebesar 39 mg/L. Tingginya nilai *TSS* pada Situ Burangkeng menunjukkan bahwa perairan tersebut mengandung konsentrasi padatan tersuspensi yang lebih besar dibandingkan situ lainnya, sedangkan Situ Cikalong memiliki konsentrasi padatan tersuspensi yang relatif lebih rendah.

Secara umum, nilai *TSS* pada setiap situ cenderung lebih tinggi di bagian inlet dibandingkan bagian tengah dan outlet. Kondisi ini menunjukkan bahwa material tersuspensi yang berasal dari limpasan permukaan maupun aliran masuk lebih banyak terakumulasi pada area *inlet* sebelum mengalami pengendapan atau penyebaran ke bagian perairan lainnya. Penurunan nilai *TSS* menuju bagian tengah dan outlet juga mengindikasikan adanya proses sedimentasi yang menyebabkan sebagian partikel tersuspensi mengendap selama berada di dalam badan air.

Perbedaan nilai *TSS* antar situ diduga dipengaruhi oleh karakteristik daerah tangkapan air, penggunaan lahan di sekitar situ, serta aktivitas manusia yang berlangsung di sekitarnya. Situ yang berada pada kawasan dengan aktivitas permukiman, pertanian, maupun pemanfaatan perairan yang lebih intensif cenderung memiliki konsentrasi padatan tersuspensi yang lebih tinggi dibandingkan situ yang berada pada lingkungan dengan tekanan aktivitas yang lebih rendah. Oleh karena itu, parameter *TSS* dapat digunakan sebagai salah satu indikator untuk menggambarkan kondisi kualitas air dan menjadi pembanding terhadap hasil analisis kekeruhan menggunakan indeks *NDTI* (Effendi, 2016).

Selain *TSS*, kondisi kekeruhan air juga diidentifikasi menggunakan parameter turbiditas yang diukur secara langsung di lapangan. Nilai rata-rata turbiditas pada setiap situ disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Rata-rata Turbiditas pada 16 Situ di Provinsi Jawa Barat

No	Nama Situ	Inlet (NTU)	Tengah (NTU)	Outlet (NTU)	Rata- rata (NTU)
1	Situ Rawa Gede	32	28	25	28
2	Situ Cipalahar	24	21	18	21
3	Situ Cibeureum	38	35	31	35
4	Situ Burangkeng	42	39	36	39
5	Situ Leungsir	22	19	17	19
6	Situ Kemang	25	22	20	22
7	Situ Lengkong Barang	18	16	14	16
8	Situ Ciater	35	31	28	31
9	Situ Lengkong Panjalu	36	33	30	33
10	Situ Cibubuhan	20	18	15	18

11	Situ Hyang	23	20	18	20
12	Situ Wangi	26	23	20	23
13	Situ Kamojing	39	35	32	35
14	Situ Citayam	19	17	15	17
15	Situ Pitara/Pancoran	34	30	27	30
	Mas				
16	Situ Cikalong	17	15	13	15

Sumber: Penulis, 2026

Hasil pengukuran *turbiditas* pada 16 situ di Provinsi Jawa Barat menunjukkan nilai rata-rata yang berkisar antara 15 *NTU* hingga 39 *NTU*. Nilai turbiditas tertinggi diperoleh pada Situ Burangkeng sebesar 39 *NTU*, sedangkan nilai terendah terdapat pada Situ Cikalong sebesar 15 *NTU*. Variasi nilai tersebut menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan air pada setiap situ berbeda-beda, yang dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan serta jumlah partikel tersuspensi di dalam perairan.

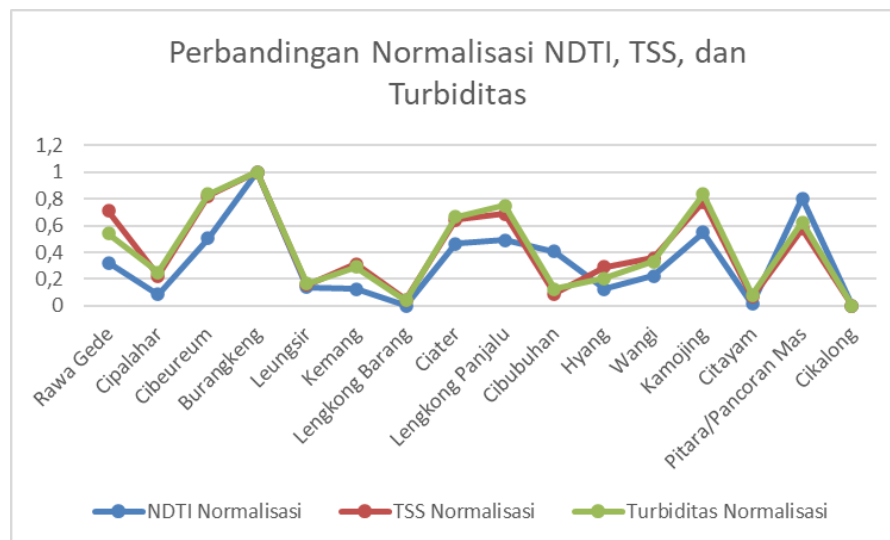
Secara umum, nilai turbiditas pada setiap situ menunjukkan pola yang sama dengan nilai *TSS*, yaitu cenderung lebih tinggi pada bagian inlet dibandingkan tengah dan outlet. Kondisi ini mengindikasikan bahwa material yang terbawa melalui aliran masuk lebih banyak terkonsentrasi pada area inlet, kemudian mengalami pengendapan atau penyebaran sehingga nilai turbiditas menurun menuju bagian tengah dan outlet. Pola tersebut memperlihatkan bahwa distribusi partikel tersuspensi di dalam badan air dipengaruhi oleh proses hidrologi yang terjadi pada masing-masing situ.

Apabila dibandingkan dengan hasil pengukuran *TSS*, situ yang memiliki nilai *TSS* tinggi umumnya juga menunjukkan nilai turbiditas yang tinggi. Sebagai contoh, Situ Burangkeng memiliki rata-rata *TSS* sebesar 84 mg/L dan rata-rata turbiditas sebesar 39 *NTU*, sedangkan Situ Cikalong memiliki rata-rata *TSS* sebesar 39 mg/L dan turbiditas sebesar 15 *NTU*. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kecenderungan hubungan positif antara konsentrasi padatan tersuspensi dengan tingkat kekeruhan air, meskipun besarnya nilai kedua parameter tidak selalu berbanding lurus pada setiap lokasi karena dipengaruhi oleh ukuran, jenis, dan sifat optik partikel yang terdapat di dalam perairan (Effendi, 2016).

Untuk mengetahui hubungan antara hasil analisis citra dan data lapangan secara lebih jelas, dilakukan perbandingan antara nilai *Normalized Difference Turbidity Index (NDTI)*, *Total*

Suspended Solid (TSS), dan *turbiditas* menggunakan data yang telah dinormalisasi. Proses normalisasi dilakukan agar ketiga parameter yang memiliki rentang nilai dan satuan yang berbeda dapat dibandingkan dalam skala yang sama. Hasil perbandingan tersebut disajikan pada Gambar 3.

Gambar 3. Grafik Perbandingan Nilai Normalisasi *NDTI*, *TSS*, dan *Turbiditas* pada 16 Situ di Provinsi Jawa Barat



Sumber: Penulis, 2026.

Perbandingan nilai normalisasi *NDTI*, *TSS*, dan *turbiditas* pada 16 situ di Provinsi Jawa Barat menunjukkan bahwa ketiga parameter cenderung memiliki pola yang selaras pada sebagian besar lokasi penelitian. Kesamaan pola tersebut terlihat pada Situ Burangkeng, Situ Cibeureum, Situ Ciater, Situ Lengkonng Panjalu, Situ Kamojing, dan Situ Pitara/Pancoran Mas yang memiliki nilai normalisasi relatif tinggi pada ketiga parameter. Sebaliknya, Situ Lengkonng Barang, Situ Citayam, dan Situ Cikalong menunjukkan nilai normalisasi yang relatif rendah. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perubahan nilai *NDTI* pada umumnya diikuti oleh perubahan nilai *TSS* dan *turbiditas*, sehingga *NDTI* memiliki potensi untuk menggambarkan variasi tingkat kekeruhan air pada sebagian besar situ (Pahlevan dkk., 2021).

Secara umum, peningkatan nilai *NDTI* diikuti oleh peningkatan nilai *TSS* dan *turbiditas*. Hal tersebut menunjukkan bahwa *indeks Normalized Difference Turbidity Index (NDTI)* mampu merepresentasikan kondisi kekeruhan air yang diukur melalui parameter lapangan. Kesesuaian pola antara ketiga parameter mengindikasikan bahwa perubahan respons spektral yang direkam

oleh citra Sentinel-2A berkaitan dengan konsentrasi padatan tersuspensi dan tingkat kekeruhan air pada sebagian besar situ (Vanhellemont, 2020).

Meskipun demikian, beberapa situ menunjukkan pola yang tidak sepenuhnya sama. Salah satunya adalah Situ Cibubuhan, yang memiliki nilai normalisasi *NDTI* lebih tinggi dibandingkan nilai *TSS* dan turbiditas. Perbedaan tersebut menunjukkan bahwa respons spektral permukaan air tidak hanya dipengaruhi oleh konsentrasi padatan tersuspensi, tetapi juga oleh faktor lain, seperti keberadaan bahan organik terlarut, karakteristik optik perairan, kondisi permukaan air, serta waktu perekaman citra satelit. Oleh karena itu, hasil analisis *NDTI* tidak dapat langsung diinterpretasikan sebagai nilai *TSS* maupun turbiditas, melainkan sebagai indikator yang menggambarkan variasi kondisi kekeruhan air secara spasial (Vanhellemont, 2020).

Untuk memberikan gambaran mengenai pemanfaatan *NDTI* sebagai pendekatan dalam memperkirakan kondisi kekeruhan air, penelitian ini menyusun model estimasi sederhana berdasarkan kecenderungan hubungan antara nilai rata-rata *NDTI* dengan hasil pengukuran lapangan. Model tersebut digunakan sebagai pendekatan empiris untuk menghubungkan hasil pengolahan citra Sentinel-2A dengan nilai Total Suspended Solid (*TSS*) dan turbiditas, sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$TSS = 83,58 + 556,05(NDTI)$$

$$Turbiditas = 39,48 + 312,13(NDTI)$$

Sebagai contoh, pada Situ Burangkeng dengan nilai *NDTI* sebesar 0,004 diperoleh estimasi *TSS* sebesar 85,80 mg/L dan estimasi turbiditas sebesar 40,73 NTU. Nilai tersebut mendekati hasil pengukuran lapangan, yaitu sebesar 84 mg/L untuk *TSS* dan 39 NTU untuk *turbiditas*. Hasil ini menunjukkan bahwa model estimasi sederhana mampu memberikan pendekatan terhadap kondisi lapangan pada lokasi penelitian. Namun demikian, model ini hanya disusun berdasarkan kecenderungan data pada 16 situ penelitian sehingga penggunaannya pada lokasi lain tetap memerlukan penyesuaian dan validasi menggunakan data lapangan.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *NDTI* memiliki pola yang selaras dengan hasil pengukuran *TSS* dan *turbiditas* pada sebagian besar situ. Temuan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan citra Sentinel-2A melalui pendekatan *NDTI* dapat digunakan sebagai metode pendukung dalam pemantauan kualitas air, terutama untuk memberikan informasi spasial secara lebih cepat dan efisien. Meskipun demikian, pengukuran

lapangan tetap diperlukan untuk memvalidasi hasil analisis citra sehingga informasi yang diperoleh lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan (Caballero dkk., 2020).

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

1. Hasil analisis menggunakan *Normalized Difference Turbidity Index (NDTI)* berbasis citra Sentinel-2A menunjukkan bahwa nilai *NDTI* pada 16 situ di Provinsi Jawa Barat berkisar antara $-0,069$ hingga $0,004$. Perbedaan nilai tersebut menunjukkan adanya variasi karakteristik optik perairan yang menggambarkan kondisi kekeruhan air pada masing-masing situ.
2. Hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa nilai *Total Suspended Solid (TSS)* berkisar antara $39\text{--}84$ mg/L, sedangkan nilai *turbiditas* berkisar antara $15\text{--}39$ NTU. Variasi kedua parameter tersebut menunjukkan bahwa tingkat kekeruhan air pada setiap situ berbeda-beda, yang dipengaruhi oleh karakteristik lingkungan dan keberadaan material tersuspensi di dalam perairan.
3. Perbandingan antara nilai *NDTI*, *TSS*, dan *turbiditas* menunjukkan bahwa ketiga parameter memiliki kecenderungan pola yang selaras pada sebagian besar situ. Meskipun terdapat beberapa perbedaan pada lokasi tertentu, hasil penelitian menunjukkan bahwa *NDTI* dapat dimanfaatkan sebagai metode pendukung dalam pemantauan kekeruhan air secara spasial. Namun, interpretasi hasil *NDTI* tetap memerlukan validasi menggunakan data lapangan agar kondisi kualitas air dapat digambarkan secara lebih akurat.

4.2 Saran

Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan lebih banyak lokasi penelitian dan data citra pada waktu yang berbeda agar perubahan kondisi kekeruhan air dapat diamati dengan lebih baik. Selain itu, perlu dilakukan analisis statistik, seperti uji korelasi atau regresi, untuk mengetahui hubungan antara nilai *NDTI* dengan parameter kualitas air secara lebih jelas. Penambahan parameter kualitas air lainnya, seperti klorofil-a, bahan organik terlarut, atau parameter fisik-kimia lainnya, juga dapat dilakukan agar hasil analisis menjadi lebih lengkap dan akurat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Afif Ari Wibowo, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan bimbingan selama proses penelitian dan penyusunan naskah. Ucapan terima kasih disampaikan kepada Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta atas dukungan yang diberikan, serta kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengambilan data lapangan, pengolahan data, dan penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Arwitama, M. F., Nadin, A. S., & Anisa, A. D. (2024). Analisis *Normalized Difference Turbidity Index* dan *Total Suspended Solid* Sungai di Sekitar Ibu Kota Nusantara sebagai Sumber Data Air Bersih dalam Mendukung Kebutuhan Sanitasi Air. *Jurnal Literasi Pendidikan Fisika*, 5(2).
- Caballero, I., Ruiz, J., & Navarro, G. (2020). Sentinel-2 Satellites Provide Near-Real Time Evaluation of Turbidity and Chlorophyll-a Concentration in Inland Waters. *Remote Sensing*, 12(4), 1–20.
- Das, S., Bera, B., & Ghosh, A. (2022). Assessment of River Water Quality Using Sentinel-2 and Landsat-8 Derived *Normalized Difference Turbidity Index (NDTI)*. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(5), 1–16.
- Effendi, H. (2016). *Telaah Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: Kanisius.
- Gorelick, N., Hancher, M., Dixon, M., Ilyushchenko, S., Thau, D., & Moore, R. (2017). Google Earth Engine: Planetary-Scale Geospatial Analysis for Everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27.
- Jiang, H., Wang, M., & Yang, J. (2021). Data Normalization Techniques for Environmental Monitoring and Remote Sensing Applications. *Environmental Data Science*, 3(1), 1–12.

- Pahlevan, N., Smith, B., Binding, C., Gurlin, D., Li, L., & Bresciani, M. (2021). Seamless Retrievals of Chlorophyll-a and Turbidity in Inland and Coastal Waters Using Sentinel-2 MSI. *Remote Sensing of Environment*, 257, 112337.
- Rahman, A., Astuti, L. P., Warsa, A., & Sentosa, A. A. (2021). Prediksi Tingkat Kekeruhan (Turbiditas) Menggunakan Citra Satelit Sentinel-2A di Waduk Jatiluhur, Jawa Barat. *Jurnal Sumber Daya Air*, 17(2), 93–104.
- Shen, F., Zhou, Y., Li, J., & Salama, M. S. (2020). Remote Sensing of Water Quality in Inland Waters: Progress and Future Perspectives. *Remote Sensing*, 12(9), 1–24.
- Vanhellemont, Q. (2020). Adaptation of the Dark Spectrum Fitting Atmospheric Correction for Aquatic Applications of Sentinel-2. *Remote Sensing of Environment*, 241, 111715.