

Analisis *Normalized Different Turbidity Index* dan *Total Suspended Solid* Sungai di Sekitar Ibu Kota Nusantara sebagai Sumber Data Air Bersih dalam Mendukung Kebutuhan Sanitasi Air

Muhammad Fadhaail Arwitama^{1*}, Aura Salsabila Nadin², dan Adinda Dwini Anisa³

^{1,2,3} Madrasah Aliyah Negeri 2 Samarinda, Samarinda, Indonesia, 75242

*E-mail Penulis Korespondensi: falodhol@gmail.com

Abstrak

Air bersih sangat penting bagi masyarakat dan menjadi kunci untuk menciptakan masyarakat yang sehat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas air sungai di sekitar IKN, mencakup wilayah Mentawir, Tempadung, dan Djenobora, dengan mengukur *Normalized Difference Turbidity Indeks* (NDTI) dan *Total Suspended Solid* (TSS). Metode yang digunakan adalah penginderaan jarak jauh berbasis satelit Sentinel-2 melalui platform *Google Earth Engine* (GEE). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai TSS di sungai-sungai tersebut berada pada tingkat yang sangat tinggi dan tidak memenuhi standar baku mutu air, sehingga airnya tidak layak digunakan langsung tanpa proses filterisasi. Penelitian ini dapat menjadi dasar untuk studi lanjutan mengenai sumber polusi atau faktor penyebab tingginya TSS, sehingga solusi yang spesifik dapat dirumuskan. Selain itu, penelitian ini dapat digunakan sebagai bahan ajar untuk mengenalkan konsep penginderaan jauh dan aplikasi fisika dalam pemantauan kualitas lingkungan.

Kata Kunci: Google Earth Engine, Normalized Difference Turbidity Index, Total Suspended Solid, Sungai.

Abstract

Clean water is essential for society and serves as a key to creating a healthy community. This study aims to analyze the water quality of rivers around IKN, covering the Mentawir, Tempadung, and Djenobora areas, by measuring the *Normalized Difference Turbidity Index* (NDTI) and *Total Suspended Solid* (TSS). The method employed involves remote sensing using Sentinel-2 satellite data via the *Google Earth Engine* (GEE) platform. The results indicate that TSS levels in these rivers are extremely high and exceed water quality standards, making the water unsuitable for direct use without filtration. This research can serve as a basis for further studies on pollution sources or factors contributing to high TSS levels, enabling more targeted solutions. Additionally, it can be utilized as teaching material to introduce remote sensing concepts and the application of physics in environmental quality monitoring.

Keywords: Google Earth Engine, Normalized Difference Turbidity Index, Total Suspended Solid, Rivers.

Article History: Received: 03 July 2024
Accepted: 26 September 2024

Revised: 24 September 2024
Published: 30 November 2024

How to cite: Arwitama, M.F., Nadin, A.S., Annisa, A.D. (2024). *Analisis Normalized Different 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). pp. 127-141. <https://doi.org/10.30872/jlpf.v5i2.3845>.

Copyright © November 2024, Jurnal Literasi Pendidikan Fisika

PENDAHULUAN

Kepadatan penduduk di wilayah Ibu kota Jakarta menjadi salah satu alasan pemerintah untuk melakukan pemerataan penduduk dengan memindahkan ibu kota ke daerah yang jarang penduduk. Pindahan ibu kota negara (IKN) ke Provinsi Kalimantan Timur diumumkan pada tanggal 26 Agustus 2019 oleh Presiden Joko Widodo, proyek besar ini diharapkan dapat meningkatkan pemerataan ekonomi (Silalahi, 2019). Penduduk daerah Ibu Kota Jakarta meningkat setiap tahunnya, yang pada tahun 2013 tingkat penduduk masih 15.015 orang per km² kini pada tahun 2022 menyentuh angka hingga 16.084 orang per km² yang jika kita bandingkan dengan kota berkembang lain seperti Balikpapan yang hanya 1.393 orang per km² (Ta'ani et al., 2023; Fitrianto & Mahagarmitha, 2022), mengindikasikan bahwa masih terdapat ketimpangan penduduk di Indonesia. Setelah itu timbul pula akibat dari populasi penduduk yang lainnya yakni krisis ketersediaan air yang menyebabkan masalah bagi masyarakat sekitar yang berbahaya bagi kesehatan. Masalah tersebut juga menjadikan pemerintah melakukan pemindahan Ibu Kota Negara dari Daerah Khusus Ibu Kota (DKI) Jakarta ke daerah Ibu Kota Nusantara (IKN) yang berada di Provinsi Kalimantan Timur yang tepatnya berada di daerah Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kabupaten Kutai Kartanegara.

Masalah krisis air bersih ini menjadi salah satu masalah yang cukup serius karena adanya air yang tidak bersih dan kurang sehat yang dapat berimbas kepada masyarakat yang bergantung pada air hujan dan air sumur untuk sehari-hari. Keterbatasan mengakses air bersih membuat masyarakat menghadapi krisis lingkungan karena sanitasi yang kurang. Menghadapi kondisi tersebut dibutuhkan solusi alternatif agar masyarakat bisa mendapat bimbingan dalam menjaga kebersihan air untuk kebutuhan masyarakat (Sagena et al., 2023). Ketersediaan air bersih merupakan salah satu aspek penting yang mesti dimiliki oleh Ibu Kota Nusantara (IKN) sebagai bentuk proporsional dengan konsep Ibu Kota Negara baru. Kondisi geografis Kalimantan yang ekstensinya memiliki banyak sungai-sungai dapat dioptimalkan sebagai sarana kebutuhan air bagi masyarakat. Adanya aktivitas pertambangan batubara dan perkebunan sawit di Kabupaten Paser sebanyak 40% lahan, akibat adanya aktivitas tersebut mengakibatkan salah satu sungai di Kabupaten Paser pernah menjadi kabupaten yang memiliki tingkat kekeruhan yang tertinggi. Menurut catatan Balai Pengelola Daerah Aliran Sungai Hutan Lindung Mahakam Berau, tingkat erosi setiap tahun mencapai 29 ton per tahun se-Kaltim dan Kaltara dikarenakan sejumlah perusahaan yang tidak bisa menjaga vegetasi di sekitar sungai tempat mereka beroperasi (Sucipto, 2022).

Peneliti menggunakan media *platform* GEE (*Google Earth Engine*) sebagai media untuk menganalisis NDTI dan TSS. Google Earth Engine, yang diluncurkan pada tahun 2010, dirancang untuk mempermudah akses data geospasial bagi peneliti dan ilmuwan. GEE adalah platform yang dirancang oleh Google untuk mengolah data geospasial. Platform ini memanfaatkan teknologi komputasi awan untuk memungkinkan pengguna menganalisis dan menampilkan data geospasial, termasuk citra satelit, dari berbagai sumber (Velastegui-Montoya, 2023). GEE memiliki manfaat seperti yang dilihat dari hasil penelitian (Sukoco et al., 2022) menunjukkan bahwa (1) GEE dapat mengerjakan pengolahan data citra penginderaan jarak jauh dengan sangat cukup baik, yang terbukti melalui kegiatan klasifikasi bisa memproses memakai empat metode *machine learning* hanya melalui memodifikasi formula sesuai dengan kebutuhan, berikutnya untuk ketelitian citra yang diciptakan oleh area satu kabupaten ada pada skala 1:100.000 melalui ketelitian horizontal/CE90 berada pada kelas dua dan tiga, sedangkan ketelitian horizontal/CE90 pada kelas satu ada pada skala 1:250.000, (2) Fasilitas pengolahan data yang sudah disediakan oleh GEE bisa menyelesaikan sebuah analisis penginderaan jarak jauh dengan sangat maksimal walaupun masih ditemukan fasilitas yang belum bisa tersedia seperti fasilitas layout peta melalui metode klasifikasi *machine learning* tertinggi yang dapat menginterpretasi tutupan lahan dengan sangat baik merupakan random forest dengan akurasi 93%.

Google Earth Engine (GEE) sebagai perangkat berbasis data skala petabyte difungsikan untuk analisis dan arsip data geospasial. GEE dibangun sebagai infrastruktur komputasi untuk pengolahan

dan analisis data geospasial dari setiap citra satelit (Amelia & Darmansyah, 2023). Penelitian yang sudah dilakukan oleh Fajar (2022) menyatakan bahwa metode pengamatan kualitas air mampu dilaksanakan dengan penginderaan jauh karena mempunyai beberapa manfaat seperti bisa melakukan pengukurannya dalam skala yang lebih besar untuk waktu yang lama, relatif cepat, dan mengurangi jumlah biaya yang dikeluarkan. Monitoring metode yang dilakukan oleh teknologi penginderaan jauh menggunakan citra Sentinel 2.

Penelitian ini menganalisis nilai NDTI (*Normalized Difference Turbidity Index*) dan TSS (*Total Suspended Solid*) untuk menganalisis daerah sungai di sekitar IKN. NDTI merupakan suatu teknik penginderaan jarak jauh yang banyak dimanfaatkan untuk mengidentifikasi kekeruhan air, yaitu rasio band merah dan hijau atas spektrum matahari. Nilai NDTI umumnya bervariasi dari mulai -0,2 sampai lebih tinggi dari +0,25 yang di mana nilai yang rendah menunjukkan air yang jernih dan nilai yang lebih tinggi menunjukkan air yang sangat keruh (Bid & Siddique, 2019). Maka dapat diartikan bahwa jika Nilai NDTI yang semakin tinggi maka semakin tinggi pula tingkat kekeruhan air tersebut. Menurut badan Environmental Protection Agency (2023) kekeruhan merupakan salah satu parameter yang dapat digunakan untuk menilai kualitas air, dimana Turbiditas atau kekeruhan merupakan kondisi dimana berkurangnya transparansi sebuah zat cair yang diakibatkan oleh kehadiran zat-zat tidak terlarut (Rachmansyah et al., 2014). Rumus kombinasi band yang digunakan untuk menentukan NDTI diperlihatkan pada Pers. (1) (Bid & Siddique, 2019).

$$NDTI = \frac{\text{red band} - \text{green band}}{\text{red band} + \text{green band}} \tag{1}$$

Parameter kedua yang digunakan dalam penelitian ini yaitu TSS (*Total Suspended Solid*), TSS adalah sebuah material padatan, bahan organik dan anorganik juga termasuk yang tersuspensi di suatu daerah perairan yang dimana nilai padatan yang konsentrasinya tersuspensi berjumlah tinggi mengakibatkan turunnya aktivitas fotosintesis tumbuhan di laut baik mikro atau makro sehingga oksigen yang dilepaskan tumbuhan jumlahnya berkurang dan mengakibatkan ikan-ikan di perairan menjadi mati (Jiyah et al., 2017). Menurut Fajar (2022) TSS merupakan suatu bahan yang tersuspensi dimana memiliki diameter pori 0,45µm yang tertunda dalam saringan Millipore. Menurut Effendi dalam Sinaga et al. (2024) Zat atau bahan tersuspensi yang mempunyai ukuran maksimalnya dua meter yang terdiri dari pasir halus, lumpur dan juga bahan partikulat lainnya yaitu komponen biotik atau abiotik. Komponen biotik atau abiotik ini bersumber dari laut, daratan, dan atmosfer yang terseret ke badan air melewati berbagai macam faktor seperti curah hujan, gelombang, angin, arus, dan pasang surut yang bisa mempengaruhi suatu konsentrasi TSS di perairan alami. Menurut Star, ddk. (2013) standar baku mutu air untuk nilai TSS yaitu tidak lebih dari 50 mg/l. Pada TSS, band yang digunakan adalah gabungan antara band air yaitu warna spektral hijau, dan NIR serta warna spektral untuk indikasi *short wavelength InfraRed*. Tingkat endapan TSS dapat dilihat pada Tabel 1 (Fajar, 2022).

Tabel 1. Tingkat Endapan TSS

| No. | Tingkat endapan | TSS |
|-----|-----------------|--------------|
| 1. | Rendah | 15-25 (mg/l) |
| 2. | Sedang | 25-35 (mg/l) |
| 3. | Agak Tinggi | 35-50 (mg/l) |
| 4. | Sangat Tinggi | >50 (mg/l) |

Pentingnya air sehat yaitu air yang bersih yang dapat diperoleh dengan menggunakan alat filtrasi

dengan salah satu mediana yaitu karbon aktif. Filtrasi adalah suatu proses pengolahan dimana air limbah dialirkan melalui media filter yang terdiri dari bahan partikulat dengan diameter dan ketebalan tertentu. Proses ini digunakan untuk menghilangkan zat terlarut dan tidak larut (Dewi, 2023). Berdasarkan permasalahan dan penjabaran tersebut, peneliti ingin memanfaatkan teknologi penginderaan jarak jauh dengan menggunakan media platform Google Earth Engine untuk meneliti dan menganalisis tingkat kekeruhan yaitu NDTI (*Normalized Difference Turbidity Index*) dan endapan air yaitu TSS (*Total Suspended Solid*) di sungai sekitar IKN (Ibu Kota Nusantara) sebagai acuan data untuk tolak ukur penilaian sumber air bersih agar dapat digunakan oleh masyarakat di sekitar IKN. Pemanfaatan penginderaan jarak jauh juga didasari pada keunggulannya dimana penginderaan jarak jauh dapat mengetahui keadaan di suatu wilayah secara mendetail (Has & Sulistiawaty, 2018) tanpa harus survei ke lapangan langsung yang tentunya ekonomis dalam segi waktu, jarak, dan lain-lain. Penelitian Lestari et al. (2021) mengenai kualitas air di Kabupaten Penajam Paser Utara yang dimana penelitian tersebut dilakukan dengan metode pengambilan sampel secara langsung, yang menghasilkan bahwa pada sungai tersebut mengalami pencemaran ringan akibat limbah industri dan limbah domestik. Pada Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui nilai NDTI dan TSS di sungai yang berada di sekitar IKN (Ibu Kota Nusantara) serta menganalisis hasil terkait nilai NDTI dan TSS di sungai yang berada di sekitar IKN (Ibu Kota Nusantara) untuk dijadikan sebagai sumber air bersih. Penelitian ini dapat menjadi bahan ajar untuk memahami konsep-konsep fisika seperti gelombang elektromagnetik pada penginderaan jauh, interpretasi data satelit, dan sifat optik partikel tersuspensi dalam air, sehingga siswa dapat mengaplikasikan teori fisika dalam analisis lingkungan dan pengelolaan sumber daya air.

METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

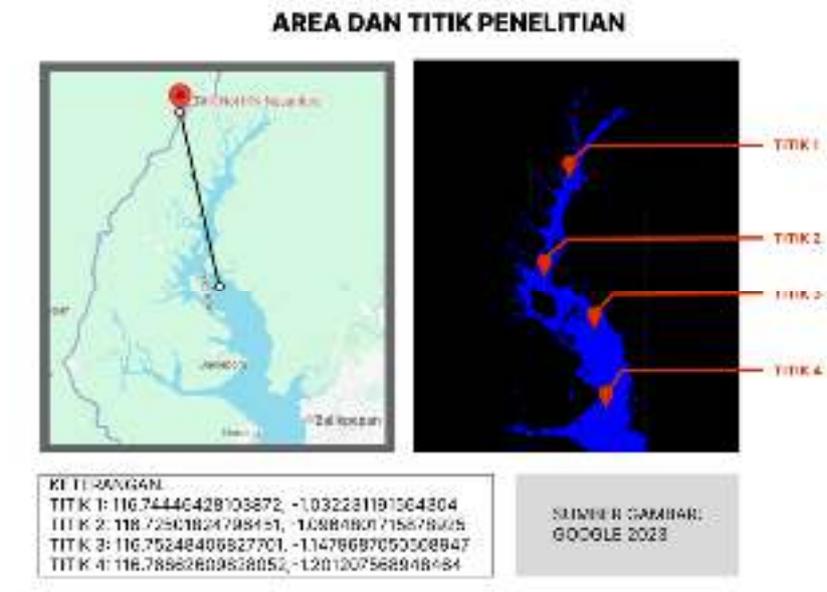
Dalam penelitian ini peneliti menganalisis sungai yang berada di daerah dekat IKN (Ibu Kota Nusantara) yang berada di sekitar Kabupaten Penajam Paser Utara dan Kabupaten Kutai Kartanegara. Jarak antara sungai tersebut dan IKN kurang lebih berjarak 17,00 KM dari tengah sungai. Di mana aliran sungai ini melewati beberapa kelurahan, diantaranya Kelurahan Mentawir, Kelurahan Tempadung dan Kelurahan Djenobora. Sementara untuk waktu penelitian yang peneliti gunakan untuk menganalisis sungai tersebut ialah data citra satelit pada tahun 2019-2023. Pada aliran sungai tersebut peneliti membagi aliran sungai ini menjadi empat titik point untuk diketahui dan di analisis tingkat NDTI dan TSS pada titik-titik tersebut, titik dan koordinat yang digunakan ditampilkan pada Tabel 2. Untuk memperjelas daerah yang akan diteliti, daerah penelitian peneliti tampilkan pada Gambar 1.

Tabel 2. Koordinat yang Digunakan

| Titik | Koordinat |
|-------|---|
| 1 | Garis Bujur: 116.74446428103872 Garis Lintang: -1.032231191564304 |
| 2 | Garis Bujur: 116.72501824796451 Garis Lintang: -1.0964801715878925 |
| 3 | Garis Bujur: 116.75248406827701 Garis Lintang: -1.1479687050508947 |
| 4 | Garis Bujur: 116.76862609828052 Garis Lintang: -1.201207568948464 |

Waktu yang digunakan untuk penelitian oleh peneliti ialah data dalam kurun waktu 5 tahun terakhir, agar dapat diperoleh data yang diperlukan, peneliti juga melakukan penelitian dengan mengakumulasi data primer dan data sekunder. Adapun data-data yang digunakan diperoleh dari media platform *Google Earth Engine* (GEE), peneliti mengelompokkan data primer yaitu pada tahun 2023 sebagai acuan data yang digunakan untuk menentukan apakah sungai disekitar IKN tersebut

layak digunakan atau tidak. Sedangkan data pendukung sebagai perbandingan dari tahun 2023, peneliti menggunakan data pada tahun 2019-2022 untuk memperoleh data yang dapat mengetahui peningkatan atau penurunan kekeruhan dan endapan di sungai tersebut dari tahun ke tahun.



Gambar 1. Area dan titik penelitian

Sumber data, Alat dan Bahan Penelitian

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan media *Google Earth Engine* (GEE) sebagai media platform penginderaan jauh, penggunaan media GEE didasarkan pada data yang akan dipakai, tidak berbayar dan menggunakan bahasa pemrograman yang sederhana yaitu *Javascript*. Satelit yang digunakan baik NDTI dan TSS dalam penelitian ini ialah satelit yang sama yaitu satelit Sentinel 2, penggunaan satelit Sentinel 2 dikarenakan satelit ini masih tergolong baru yang diluncurkan pada tahun 2015, satelit Sentinel 2 memiliki resolusi spasial yang cukup tinggi yaitu band merah, biru, hijau, dan inframerah dekat pada jarak dengan resolusi 10 m (Nurmalasari et al., 2018), selain itu juga data Sentinel 2 juga dapat digunakan sebagai media monitoring dan perencanaan lingkungan (Putri et al., 2021). Sedangkan untuk resolusi band pada yang digunakan untuk NDTI dan TSS terdapat perbedaan, band yang digunakan diperlihatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Band yang Digunakan pada Penelitian

| Penggunaan | Band |
|------------|----------|
| NDTI | 3 dan 4 |
| TSS | 4 dan 11 |

peneliti menggunakan platform *Google Earth Engine* (GEE) sebagai media untuk mengambil data NDTI dan TSS. *Google Earth Engine* (GEE) menggunakan bahasa pemrograman untuk bekerja, berikut ini kode *script* yang peneliti gunakan untuk menganalisis nilai NDTI yang telah peneliti buat.

```
// Function to add NDTI band to Sentinel-2 imagery
var addNDTI = function(image) {
  var red = image.select('B4'); // Red band (665 nm)
  var swir1 = image.select('B11'); // SWIR1 band (1610 nm)
```

```

var ndti = red.subtract(swirl1).divide(red.add(swirl1));
return image.addBands(ndti.rename('NDTI'));
};

// Function to mask clouds and shadows in Sentinel-2 imagery
var maskCloudsAndShadows = function(image){
  var qa = image.select('QA60');
  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var shadowBitMask = 1 << 11;
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)
    .and(qa.bitwiseAnd(shadowBitMask).eq(0));
  return image.updateMask(mask);
};

// Load Sentinel-2 collection and filter by date and location
var startDate = '2023-01-01';
var endDate = '2023-06-30';
var regionOfInterest = geometry

var sentinelCollection = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S2_SR')
  .filterBounds(regionOfInterest)
  .filterDate(startDate, endDate)
  .map(maskCloudsAndShadows)
  .map(addNDTI);

// Reduce the collection to a single image by taking the median
var medianImage = sentinelCollection.median();

// Display the NDTI band
var ndtiVis = {min: -1, max: 1, palette: ['blue', 'white', 'green']};
Map.addLayer(medianImage.select('NDTI').clip(geometry), ndtiVis, 'NDTI Image');
Map.centerObject(geometry, 13)

// Export the NDTI image as a GeoTIFF
Export.image.toDrive({
  image: medianImage.select('NDTI'),
  description: 'NDTI_Image',
  scale: 10, // Resolution in meters
  region: regionOfInterest,
  fileFormat: 'GeoTIFF',
});

```

TSS kemudian dianalisis menggunakan kode *script* berikut yang telah di modifikasi dari Sinaga et al. (2022).

```

function maskS2clouds(image) {
  var qa = image.select('QA60');

  // Bits 10 and 11 are clouds and cirrus, respectively.
  var cloudBitMask = 1 << 10;
  var cirrusBitMask = 1 << 11;

  // Both flags should be set to zero, indicating clear conditions.
  var mask = qa.bitwiseAnd(cloudBitMask).eq(0)

```

```

        .and(qa.bitwiseAnd(cirrusBitMask).eq(0));

    return image.updateMask(mask).divide(10000);
}

var clipped = ee.ImageCollection("COPERNICUS/S2_SR")
    .filterDate('2020-01-01', '2021-01-01')
    .filter(ee.Filter.lt('CLOUDY_PIXEL_PERCENTAGE', 30))
    .map(maskS2clouds)
    .filter(ee.Filter.bounds(geometry)).median();

console.log(clipped)

var ndwi = clipped.normalizedDifference(['B3', 'B8']).rename('NDWI');

var tss = clipped.expression(
    "(ndwi > 0.1) ? 2950 * pow(VNIR,1.357)"+
    ": 0",{
    'ndwi' : ndwi,
    'VNIR' : clipped.select('B7')
}).rename('tss')

var tssMasked = tss.updateMask(tss.gt(0));
var vizTSS = {};
Map.addLayer(tssMasked, vizTSS, 'TSSmasked');

```

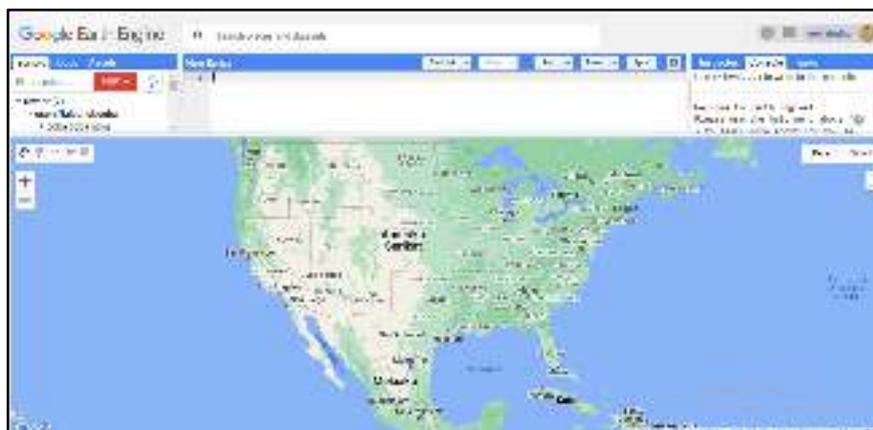
Metode Analisis

Hasil dari *running script* beberapa titik dari Google Earth Engine (GEE) yang menghasilkan nilai NDTI dan TSS pada sungai yang berada di dekat IKN tersebut akan dianalisis secara kuantitatif untuk dianalisis titik mana yang memiliki nilai NDTI dan TSS yang baik untuk sanitasi air.

Prosedur Kerja

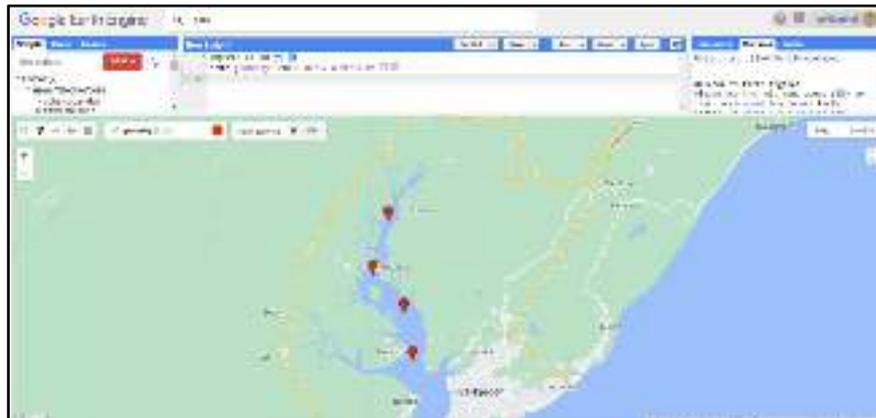
Prosedur pada penelitian ini dijabarkan sebagai berikut:

1. Membuat akun dan *login* pada *Google Earth Engine* (GEE): untuk mendapatkan akses masuk ke dalam GEE, tahap prosedur pertama pada penelitian ini ialah membuat dan mendaftarkan akun Gmail anda ke GEE. Pendaftaran dan pembuatan akun ini tidak sulit, anda hanya perlu mengisi beberapa formulir dan setelah itu anda bisa langsung menggunakan platform GEE. Tampilan awal GEE dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan awal GEE

- Menandai area penelitian: setelah membuat dan login pada akun GEE, selanjutnya ialah menandai area yang ingin diteliti, penandaan area ini dimaksudkan agar kode *script* dapat berjalan sesuai area yang diinginkan. Ada banyak alat penanda yang digunakan dalam GEE. Karena dalam penelitian ini peneliti menggunakan titik koordinat sebagai area penelitian maka peneliti menggunakan alat "*point*" sebagai penanda titik-titik yang ingin diketahui nilai NDTI dan TSS-nya. Hasil menandai area digambarkan pada Gambar 3.



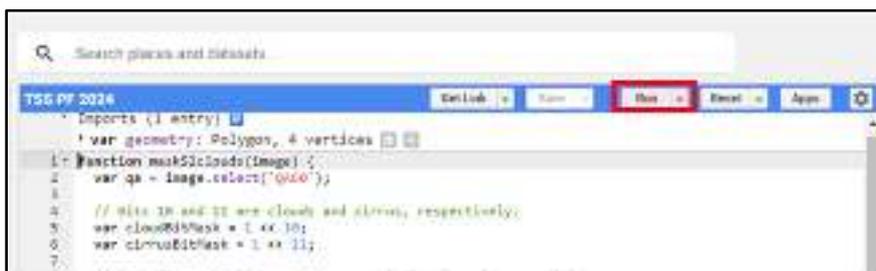
Gambar 3. Hasil penandaan area

- Memasukkan kode *script*: setelah area yang ingin diteliti sudah ditandai, langkah selanjutnya yaitu adalah memasukkan kode *script* NDTI atau TSS ke dalam GEE, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses memasukkan *script*

- Menjalankan kode: setelah memasukkan kode *script* ke dalam GEE, untuk dapat menjalankan kode tersebut kita dapat mengklik "*run*" pada bagian atas *toolbar* GEE agar data yang anda ingin dapatkan dapat dihasilkan. Proses menjalankan kode dapat dilihat pada Gambar 5.

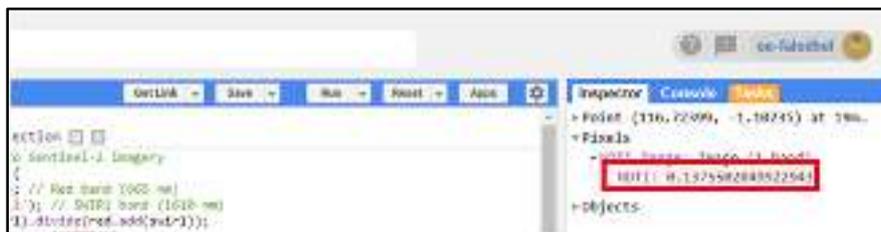


Gambar 5. Proses menjalankan kode

- Memunculkan index angka: setelah menjalankan kode *script*, langkah selanjutnya yaitu memunculkan nilai angka baik NDTI ataupun TSS, anda dapat mengklik pada bagian “*inspector*”, setelah mengklik “*inspector*” maka akan muncul tanda “+” ketika anda menggerakkan kursor anda ke bagian peta. Langkah selanjutnya adalah mengarahkan tanda “+” tersebut ke area yang telah ditandai, maka setelah itu angka NDTI dan TSS akan muncul. Proses ini dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.



Gambar 6. Klik “*inspector*”



Gambar 7. Angka NDTI yang dihasilkan

- Mengulangi hal yang sama pada titik yang lain: setelah anda melakukan prosedur-prosedur kerja diatas, selanjutnya ialah mengulangi prosedur kerja (4) dan (5) pada titik yang lain untuk mengetahui nilai NDTI dan TSS-nya di setiap titik tersebut.
- Mencatat dan menganalisis index angka: setelah mengetahui nilai NDTI dan TSS disetiap titik, langkah selanjutnya yaitu mencatat hasil angka NDTI dan TSS untuk kemudian di analisis tingkat NDTI dan TSS-nya terkait titik mana yang memiliki nilai yang baik sebagai sumber air bersih.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil running *script* NDTI (Normalized Difference Turbidity Index) pada platform GEE (Google Earth Engine) ditampilkan pada Tabel 4. Dapat diketahui bahwa Nilai NDTI umumnya bervariasi dari mulai angka -0,2 hingga lebih tinggi dari +0,25 di mana nilai yang rendah menunjukkan air yang semakin jernih dan nilai yang tinggi menunjukkan air yang semakin keruh (Bid & Siddique, 2019). Saat awal pembangunan IKN dimulai tepatnya pada tahun 2019, rata-rata nilai NDTI dari keempat titik sungai tersebut berada pada angka 0,45 yang berarti angka tersebut melebihi nilai umum NDTI dari yang seharusnya, mengindikasikan bahwa pada awal pembangunan IKN, sungai tersebut terindikasi keruh.

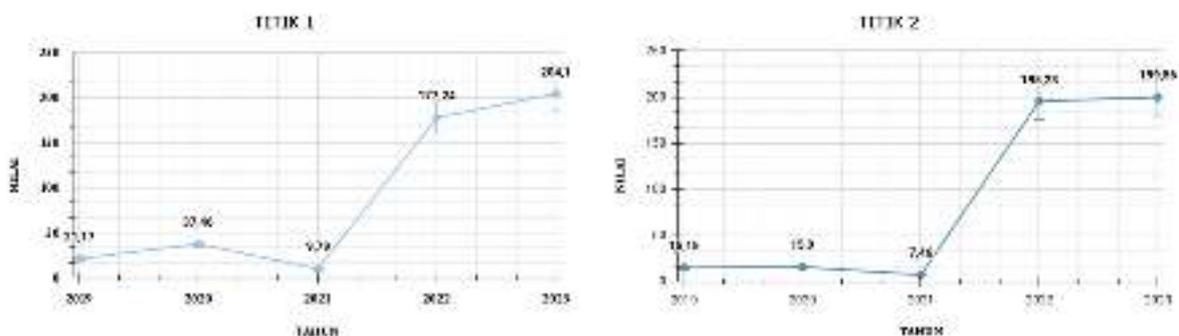
Tabel 4. Hasil Nilai NDTI

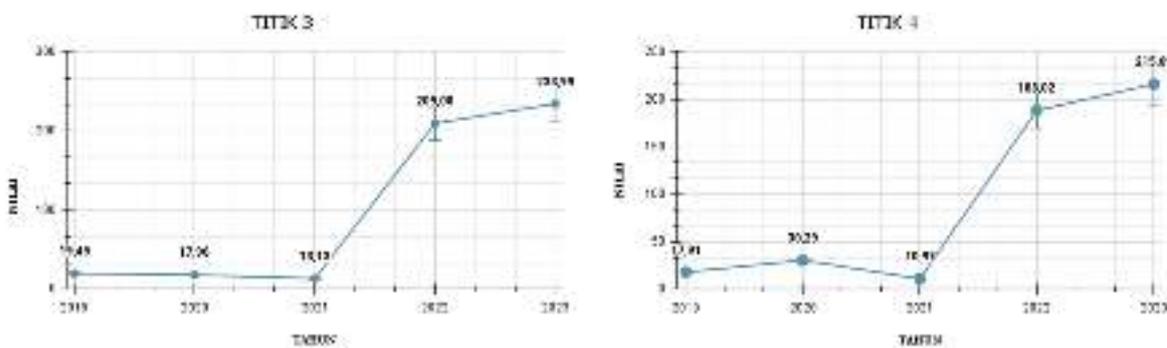
| Titik | Tahun | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 1 | 0,47 | 0,30 | 0,61 | 0,16 | 0,13 |
| 2 | 0,47 | 0,35 | 0,41 | 0,15 | 0,11 |
| 3 | 0,45 | 0,24 | 0,39 | 0,16 | 0,12 |
| 4 | 0,41 | 0,46 | 0,62 | 0,19 | 0,14 |

Pada tahun 2020 nilai NDTI disetiap titik sungai mempunyai angka yang bervariasi, pada tahun tersebut terdapat kenaikan nilai NDTI tepatnya di titik (4) pada tahun 2019 berada pada angka 0,41 namun pada tahun 2020 terjadi kenaikan angka menjadi 0,46. Sedangkan pada titik (1) sampai (3) pada tahun 2020 nilai NDTI terlihat mengalami penurunan nilai. Di Tahun 2021 nilai NDTI di keempat titik sungai mengalami kenaikan yang cukup signifikan terutama pada titik (1) dan titik (4), mengindikasikan bahwa pada tahun tersebut sungai yang berada di IKN yang peneliti teliti menjadi lebih keruh. Kenaikan NDTI ini dapat disebabkan karena kurangnya pengelolaan sampah rumah tangga dan perilaku manusia yang secara tidak langsung membuang sampah organik, anorganik, padat dan cair ke badan air telah meningkatkan tingkat pencemaran air dan menurunkan kualitas air (Suswati dan Wibisono dalam Susanti, 2017). Penelitian lain yang juga meneliti tentang kualitas air di aliran sungai daerah Kabupaten Penajam Paser Utara juga mengungkapkan bahwa kualitas air di sungai tersebut masuk dalam kategori pencemaran ringan, yaitu limbah domestik dan limbah industri pengolahan kayu (Lestari, 2023).

Pada tahun 2022 nilai NDTI dari keempat titik sungai mengalami penurunan indeks angka yang cukup signifikan yaitu berada di angka rata-rata 0,17 yang berarti bahwa sungai tersebut mengalami penurunan tingkat kekeruhan dibandingkan tahun 2021. Berikut revisi kalimat Anda agar lebih jelas, terstruktur, dan formal. Kekeruhan dapat disebabkan oleh bahan tersuspensi yang berasal dari partikel tanah, lumpur, plankton, dan bahan lainnya. Selain itu, kekeruhan juga dipengaruhi oleh meningkatnya erosi dan aliran air asam tambang yang masuk ke perairan sungai. Aktivitas operasional seperti penggunaan generator dan peralatan bengkel yang menyebabkan tumpahan oli ke badan sungai juga berkontribusi pada pencemaran yang merugikan (Mauliawati & Lemabang, 2022). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Lestari et al. (2021) yang melakukan penelitian terkait kualitas air menggunakan metode Storet di Pantai Monera yang berjarak kurang lebih 9 km dari titik 4 yang peneliti lakukan mengungkapkan bahwa perairan tersebut termasuk kategori tercemar sedang.

Hasil running script TSS pada keempat sungai di tahun 2019-2023 memiliki angka yang berbanding terbalik dengan hasil dari NDTI, dimana angka TSS menunjukkan kenaikan terutama pada tahun 2022, hasil data TSS yang diperoleh diperlihatkan pada Gambar 8.



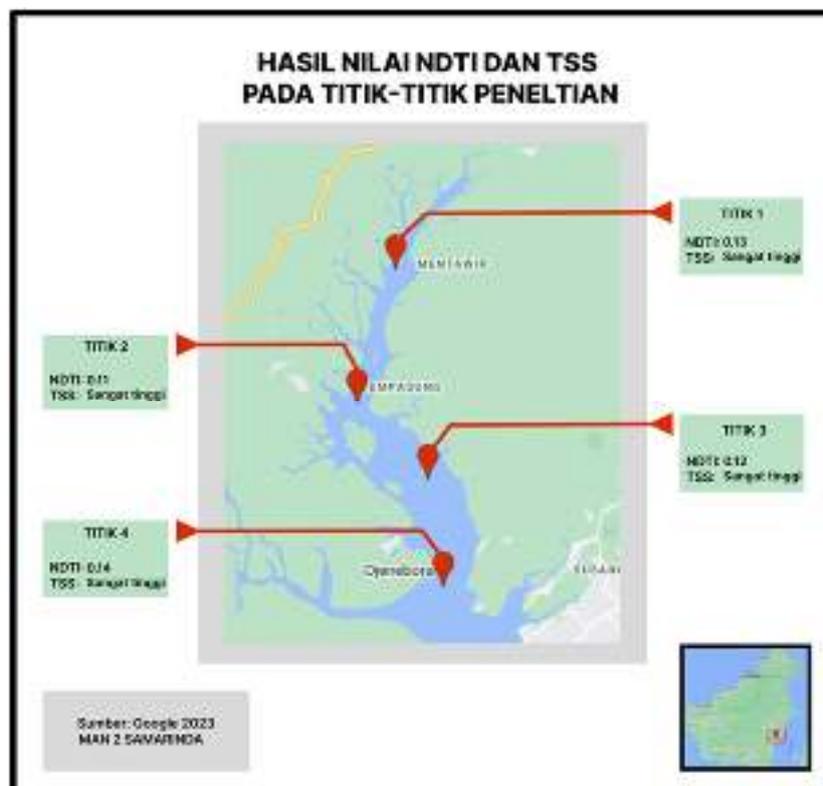


Gambar 8. Grafik nilai TSS tahun 2019 sampai 2023 pada titik 1 - 4

Berdasarkan hasil dari *running script* TSS (*total suspended solid*) atau endapan pada platform GEE (*Google Earth Engine*) terhadap keempat titik sungai yang peneliti analisis, dapat diketahui bahwa nilai TSS yang dihasilkan dinilai berbanding terbalik dengan hasil NDTI yang telah didapat. Pada NDTI indeks angka di setiap tahunnya di antara tahun 2019 sampai tahun 2023 terindikasi mengalami penurunan, sementara indeks angka TSS pada sungai tersebut di setiap tahunnya terindikasi mengalami kenaikan. Pada awal pembangunan IKN (*Ibu Kota Nusantara*) tepatnya dimulai pada tahun 2019, nilai TSS pada keempat titik dengan kelurahan yang berbeda-beda terindikasi kekeruhannya sedang yang menempati rata-rata 18,43 mg/l. Tahun 2020 nilai endapan pada empat titik tersebut menempati rata-rata 25,40 mg/l yang terindikasi agak keruh pada sungai tersebut. Pada tahun 2021 terindikasi sedang dengan nilai endapan pada empat titik menempati rata-rata 10,34 mg/l. Di tahun 2022 memiliki nilai rata-rata dari keempat yaitu 192,39 mg/l dengan nilai tersebut terindikasi sangat keruh, di tahun ini angka TSS sudah sangat signifikan dengan tingkatan sangat keruh yaitu diatas 50 mg/l. Hingga tahun 2023 nilai TSS di keempat titik semakin tinggi yaitu menginjak angka 213,34 mg/l terindikasi sangat keruh. Pada tahun 2021 lokasi titik 4 terindikasi sedang dengan nilai endapan menempati angka 10,97 mg/l. Salah satu faktor yang menyebabkan adanya peningkatan dan penurunan TSS di suatu perairan adalah lumpur, Lumpur merupakan sedimen kohesif yang sangat sensitif terhadap perubahan salinitas. Ketika salinitas meningkat, terjadi proses penggumpalan (*flokulasi*), yang menyebabkan sedimen lebih mudah mengendap (*Soeyanta & Arifiyana, 2018*). Pada penelitian yang dilakukan oleh *Lestari et al. (2023)*, pada lokasi Pandan Wangi yang berjarak sekitar 5,5 km dari titik 4 megungkapkan bahwa konsentrasi TSS pada area Pandan Wangi terindikasi agak keruh, memiliki angka 41 mg/L. Hal ini disebabkan adanya limbah domestik yang berasal dari aktivitas pasar tradisional. Berdasarkan *Kepmen LH Nomor 68 Tahun 2016*, limbah yang berasal dari kegiatan pasar dikategorikan sebagai limbah domestik.

Pada tahun-tahun berikutnya sampai pada tahun 2021, tingkat endapan di sungai tersebut dinilai stabil, meski terjadi kenaikan pada titik 1 dan 4 di tahun 2020. Pada tahun 2022 nilai endapan mengalami kenaikan yang cukup signifikan, yang rata-rata awalnya di setiap titik pada tahun 2021 berada pada angka 10,34. Namun, pada tahun 2022 rata-rata di setiap titiknya menjadi 192,39 yang berarti sungai tersebut mengalami kenaikan hingga 182,05. Angka tersebut bahkan melebihi dari 50 mg/l yang mengakibatkan status sungai tersebut berubah menjadi sangat keruh. Penyebab naiknya angka kekeruhan juga dapat disebabkan oleh banyaknya pembangunan-pembangunan yang terjadi di IKN pada saat ini. Maka dapat disimpulkan bahwa seiring dengan bertambahnya waktu dan pembangunan infrastruktur yang kian meningkat, tepatnya pada tahun 2022 dan 2023 nilai TSS dinilai sangat keruh. Nilai endapan yang ditampilkan pada tahun tersebut pun dinilai jauh dari standar baku mutu air, yaitu melebihi angka 50 mg/l (*Star et al. 2013*). Hasil ini juga didukung dengan tercemarnya air di sungai Kelurahan Mentawir yang diakibatkan oleh aktivitas pertambangan pada tahun 2022 (*Kuwado dan Utomo, 2022*).

Hasil analisis peneliti mengenai nilai NDTI dan TSS yang berbanding terbalik disebabkan karena data dari citra satelit terhadap data padatan terlarut dan padatan endapan tersebut. NDTI atau kekeruhan merupakan padatan zat terlarut sedangkan TSS merupakan zat endapan, karena satelit terus memutar dan menangkap citra di bumi secara berkala dan arus sungai yang terus bergerak membuat zat terlarut terus mengalir dan berpindah. Sedangkan, untuk TSS, dikarenakan TSS adalah endapan dan bukan zat terlarut, menyebabkan terjadinya penumpukan endapan di dasar sungai, yang berarti semakin kian bertambahnya tahun membuat endapan di sungai menjadi meningkat setiap tahunnya. Adapun data yang peneliti kelompokkan data primer yang peneliti gunakan pada penelitian ini adalah tahun 2023, dengan data NDTI dan TSS-nya peneliti gunakan sebagai penentuan terkait sungai tersebut apakah bisa digunakan sebagai sumber air bersih atau tidak, hasil pemetaan data sungai pada tahun 2023 peneliti tampilkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hasil NDTI dan TSS pada Titik-titik Penelitian di tahun 2023

Berdasarkan Gambar 9 dapat diketahui bahwa sungai yang berada di sekitar IKN (Ibu Kota Nusantara) ini dinilai memiliki indeks endapan yang tinggi, dimana rata-rata nilai NDTI yang didapatkan menyentuh angka 213,34 yang dinilai sangat keruh, sementara untuk nilai NDTI yang diperoleh bervariasi dimana pada Kelurahan Djenebora dinilai lebih tinggi dibandingkan dengan Kelurahan atau titik yang lain. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa pada titik (1) yang berlokasi di Kelurahan Mentawir memiliki nilai NDTI 0,13, selanjutnya pada Kelurahan Tempadung yang peneliti bagi menjadi 2 titik, yaitu pada titik (2) nilai NDTI berada pada angka 0,11 dan (3) 0,12. Pada titik (4) yang berlokasi di Kelurahan Djenebora memiliki nilai NDTI sebesar 0,14. Sedangkan untuk hasil TSS, berdasarkan Tabel 1 dapat dinilai bahwa keempat titik tersebut memiliki tingkat endapan yang sama yaitu sangat tinggi.

Berdasarkan hasil di atas dapat disimpulkan bahwa sungai yang berada di sekitar IKN ini dinilai tidak layak digunakan sebagai sumber kebutuhan air bersih secara langsung dikarenakan nilai TSS yang didapat melebihi dari standar normal dan nilai baku mutu air. tingkat kekeruhan pada tahun tersebut dinilai keruh dan nilai TSS yang didapat menyentuh angka 200 mg/l yang melebihi standar baku

endapan untuk air minum yaitu 50 mg/l (Pohan et al. 2013).

Hasil penelitian ini membuka peluang untuk mengintegrasikan isu lingkungan nyata ke dalam pembelajaran fisika, khususnya dalam mengeksplorasi hubungan antara NDTI dan TSS pada kualitas air. Melalui penelitian ini, siswa dapat mempelajari penerapan teknologi penginderaan jauh dan analisis data menggunakan platform seperti GEE, yang melibatkan konsep gelombang elektromagnetik, hamburan cahaya, dan perilaku partikel. Dengan menganalisis tren nilai NDTI dan TSS, siswa dapat mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan memahami peran fisika dalam mengatasi tantangan lingkungan, seperti pencemaran air dan dampaknya terhadap ekosistem. Selain itu, penelitian ini dapat menjadi inspirasi untuk pembelajaran berbasis proyek, di mana siswa menyelidiki kualitas air di sekitar mereka, mengumpulkan data, dan mengusulkan solusi, sehingga meningkatkan literasi sains dan kesadaran lingkungan.

PENUTUP

Berdasarkan hasil analisis, nilai NDTI dan TSS memiliki angka yang bervariasi selama periode 2019-2023. Nilai NDTI pada sungai yang telah diberi titik koordinat cenderung mengalami penurunan dari tahun ke tahun, sementara nilai TSS justru mengalami kenaikan yang sangat signifikan. Hasil NDTI pada tahun 2023 di keempat titik memiliki rata-rata 0,13 yang terindikasi keruh, sedangkan hasil TSS memiliki rata-rata 213,34, jauh melebihi batas baku mutu air. Oleh karena itu, sungai di sekitar daerah IKN tidak dapat digunakan sebagai sumber air bersih karena tingginya endapan dan zat terlarut yang dapat membahayakan kesehatan masyarakat sekitar. Penelitian ini juga dapat diterapkan dalam pembelajaran fisika untuk mengenalkan konsep tentang hamburan cahaya, sifat partikel dalam cairan, serta pemanfaatan teknologi penginderaan jauh dalam analisis kualitas lingkungan.

Saran yang dapat peneliti berikan untuk penelitian berikutnya agar dapat membandingkan hasil nilai NDTI (*Normalized Difference Turbidity Index*) dan TSS (*total suspended solid*) yang didapatkan dengan menggunakan penginderaan jarak jauh agar dapat menggunakan data hasil survei di lapangan secara langsung untuk dapat dibandingkan dengan hasil penginderaan jarak jauh agar hasil yang didapatkan menjadi lebih konkrit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya yang memungkinkan peneliti menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada Bapak Alfian Cahya Pratama, M.Pd, atas bimbingan dan kesempatan yang diberikan, sehingga peneliti dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini dengan baik. Peneliti menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan beliau, karya tulis ini tidak akan terwujud. Terima kasih juga kepada orang tua peneliti atas dukungan yang tiada henti. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada partner peneliti atas kerja sama dan semangatnya dalam menyelesaikan penelitian ini. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amelia, R. (2023). The Potensi Google Earth Engine untuk Identifikasi Objek Wilayah Perairan pada Citra Satelit Sentinel-2. *Equiva Journal*, 1(1), 19-24. <https://doi.org/10.35718/equiva.v1i1.759>.
- 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, 1179–1200. <https://doi.org/10.1007/s40808-019-00609-80>.

- Dewi, Y. S. (2023). Efektivitas Filtrasi Membran Selulosa dalam Pengelolaan Limbah Tekstil. *Jurnal Limits*, 5(1), 28–34. <https://doi.org/10.59134/jlmt.v5i1.314>.
- Fajar, M. T. (2022). *Monitoring Kekeuruhan Muara Sungai Dengan Analisis Citra Satelit Dan Korelasinya Dengan Curah Hujan (Studi Kasus Sungai Krueng Aceh)* (Doctoral dissertation, UIN Ar-Raniry).
- Fitrianto, A., & Mahagarmitha, R.R. (2022). Identifikasi Permukiman Padat di Kota Balikpapan. *Jurnal Perencanaan Wilayah PPS UHO*, 7(1), 80-88. <https://dx.doi.org/10.33772/jpw.v7i1.24084>.
- Has, S.N., & Sulistiawaty. (2018). Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh untuk Mengenali Perubahan Penggunaan Lahan pada Kawasan Karst Maros. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika (JSPF)*, 14(1), 60-66. <https://doi.org/10.35580/jspf.v14i1.6322>.
- Jiyah, J., Sudarsono, B., & Sukmono, A. (2017). Studi distribusi total suspended solid (tss) di perairan pantai Kabupaten Demak menggunakan citra landsat. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 41-47. <https://doi.org/10.14710/jgundip.2017.15033>.
- Kuwado, F. J., & Utomo, P. A. (2022, Mei 22). *Menguak Keluh Kesah Warga Mentawir Kaltim akibat Air Sungai Tercemar Bekas Galian Tambang*. Diakses pada Januari 29, 2024, dari <https://regional.kompas.com/read/2022/05/22/08472041/menguak-keluh-kesah-warga-mentawir-kaltim-akibat-air-sungai-tercemar-bekas?page=all>.
- Lestari, D. S., Sari, Y. C., dan Suharyanto, S. (2023). Status Kualitas Air DAS Sanggai di Kabupaten Penajam Paser Utara dan Perumusan Strategi Pencegahan serta Pengendalian Pencemaran Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 21(4), 914–932. <https://doi.org/10.14710/jil.21.4.914-932>.
- Lestari, T., Yasser, M., Taru, P., & Simarankir, O. R. (2021). Studi Kelayakan Kualitas Air Terhadap Wisata Di Pantai Monumen Perjuangan Rakyat (Monpera) Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur. *Jurnal Harpodon Borneo*, 14(2), 53-68. <https://doi.org/10.35334/harpodon.v14i2.1938>.
- Maulianawati, D., & Lembang, M. S. (2022). *Kualitas Air Akuakultur*. Syiah Kuala University Press: Banda Aceh.
- Nurmalasari, I., & Santosa, S. H. M. B. (2018). Pemanfaatan citra Sentinel-2A untuk estimasi produksi pucuk teh di sebagian Kabupaten Karanganyar. *Jurnal Bumi Indonesia*, 7(1).
- Pohan, B. S. (2014). Analisa Kualitas Air Sungai Silahi Salbe dan Keluhan Kesehatan Kulit Masyarakat Desa Togu Domu Nauli Kecamatan Dolok Pardamean Kabupaten Simalungun Tahun 2013. *Lingkungan dan Keselamatan Kerja*, 3(2), 1-19.
- Purwanti, E., Ramdani, D., Rahmadewi, R., Nugraha, B., Efelina, V., & Dampang, S. (2021). Sosialisasi Manfaat Karbon Aktif sebagai Media Filtrasi Air Guna Meningkatkan Kesadaran akan Pentingnya Air Bersih di SMK PGRI Cikampek. *SELAPARANG: Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan*, 4(2), 381-386. <https://doi.org/10.31764/jpmb.v4i2.4389>.
- Putri, E. S., Sari, A. W., Karim, R. A., Somantri, L., & Ridwana, R. (2021). Pemanfaatan Citra Sentinel-2 Untuk Analisis Vegetasi Di Wilayah Gunung Manglayang. *Jurnal Pendidikan Geografi Undiksha*, 9(2), 133-143. <https://doi.org/10.23887/jjpg.v9i2.35357>.

Analisis Normalized Different...

- Rachmansyah, F., Utomo, S. B., & Sumardi, S. (2014). Perancangan dan Penerapan Alat Ukur Kekeruhan Air Menggunakan Metode Nefelometrik pada Instalasi Pengolahan Air dengan Multimedia Card (MMC) sebagai Media Penyimpanan (Studi Kasus di PDAM Jember). *Berkala Sainstek*, 2(1), 17-21.
- Sagena, U. W., Bylla, V. S., Panjaitan, O., Zenobia, Z., Masjaya, M., & Pranoto, H. (2023). Demonstrasi Kesadaran Lingkungan bagi Pelajar melalui Program PWP (Pure Water For Pemaluan) di Kawasan IKN Nusantara. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 7(3), 2567-2576. <https://doi.org/10.31764/jmm.v7i3.14846>.
- Silalahi, S. A. F. (2019). Dampak Ekonomi dan Risiko Pemindahan Ibu Kota Negara. *Info Singkat*, 11(16), 19-24.
- Sinaga, M. P., Siburian, D. T. E., & Zega, E. K. (2024). The Impact of Total Suspended Solid (TSS) and Containing Water Chlorophyll-A on The Fertility Level of Jakarta Jakarta Bay Waters using Technology of Google Earth Engine (GEE) Clouds. *Jurnal Ilmiah PLATAX*, 12(2), 32-44. <https://doi.org/10.35800/jip.v12i2.55981>.
- Sucipto. (2022). Kekeruhan Sungai Kabupaten Paser Mengkhawatirkan. Diakses tanggal 11 Januari 2024 dari <https://www.kompas.id/baca/nusantara/2022/09/22/kekeruhan-sungai-kabupaten-paser-mengkhawatirkan>.
- Sukoco, B., Armijon, & Fadly, R. (2022). Kajian Pemanfaatan Teknologi Google Earth Engine untuk Bidang Penginderaan Jauh. *Jurnal Penelitian Geografi*, 10(2), 142-149. <http://dx.doi.org/10.23960/jpg.v10.i2.24219>.
- Susanti, P.D., & Miardini, A. (2017). The impact of Land use Change on Water Pollution Index of Kali Madiun Sub-watershed. *Forum Geografi*, 31(1). DOI: 10.23917/forgeo.v31i1.2686.
- Ta'ani, M.Q.A., Anindra, T.A.G., Maharani, N.P., Azzahrah, O., Ghoni, A., Paramita, A., Dewanto, A.K.C., Gustaf, R.M., Siham, A.F., Alwi, M.S., & Husna, V.N. (2023). Pengaruh Tingkat Kepadatan Penduduk terhadap Densitas Bangunan menggunakan Transformasi Digital Urban Index di Wilayah Urban DKI Jakarta. *Prosiding Seminar Nasional FISIP UNNES*, 1.
- Velastegui-Montoya, A., Montalván-Burbano, N., Carrión-Mero, P., Rivera-Torres, H., Sadeck, L., & Adami, M. (2023). Google Earth Engine: A Global Analysis and Future Trends. *Remote Sensing*, 15(14), 3675. <https://doi.org/10.3390/rs15143675>.