

**ANALISIS KUALITAS AIR DI PERAIRAN DANAU TOBA PERIODE  
TAHUN 2017 – 2019 DENGAN MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT 8****Shofa Nur Annisa Deas<sup>1</sup>, Maria Nanda Gita Rosari<sup>1</sup>, Venny Nurmala<sup>1</sup>, Bintang Cahaya Putri<sup>1</sup>**<sup>1</sup>Jurusan Teknik Geomatika Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan,  
Institut Teknologi SumateraJl. Terusan Ryacudu Desa Way Huwi, Jati Agung, Lampung Selatan, Lampung  
[nandamaria430@gmail.com](mailto:nandamaria430@gmail.com)**Abstract (English)**

Toba Lake is a tecto-volcanic lake located in the province of North Sumatra, Indonesia. This lake is the largest lake in Indonesia and Southeast Asia. Lake Toba, which is located in North Sumatra Province, has a surface area of 1,124 km<sup>2</sup> (112,400 ha), a lake volume of around 256.2 km<sup>3</sup> (256.2x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>) and a maximum depth of 508 m. Lake Toba is located at a geographic position of 2°41'N 98°53'E / 2.68°N 98.88°E with an altitude of 995 above sea level and is located at a topographic position of 2°41'N 98°53'E / 2.68°N 98.88 °E at an altitude of 995 m above sea level. As the largest lake with the largest water body, Lake Toba plays an important role in various economic activities in the North Sumatra region. These activities include the use of Lake Toba water as a hydroelectric power plant, as raw material for PDAM clean water, the use of residents for fish development locations with marine cages, fisheries, water maintenance and transportation. This will affect the decline in water quality in Lake Toba. Due to the increasing role and main function of Lake Toba, observations were made of water quality which included the Total Suspended Solid value, water turbidity and water surface temperature. In research on water quality in Lake Toba using Landsat 8 imagery for 2017-2019.

**Article History**

Submitted: 1 Mei 2024

Accepted: 8 Mei 2024

Published: 9 Mei 2024

**Key Words**Toba Lake, Landsat-8,  
Air Quality**Abstrak (Indonesia)**

Danau Toba adalah danau tekto-vulkanik yang terletak di provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Danau ini merupakan danau terbesar di Indonesia dan Asia Tenggara. Danau Toba yang terletak di Provinsi Sumatera Utara memiliki luas permukaan 1.124 km<sup>2</sup> (112.400 ha), volume danau sekitar 256,2 km<sup>3</sup> (256,2x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>) dan kedalaman maksimum 508 m. Danau Toba terletak pada posisi geografi 2°41'N 98°53'E / 2.68°N 98.88°E dengan ketinggian 995 diatas permukaan laut dan terletak pada posisi topografi 2°41'LU 98°53'BT / 2.68°LU 98.88°BT di ketinggian 995 m di atas permukaan laut. Sebagai danau terbesar dengan badan air yang paling besar, Danau Toba berperan penting dalam berbagai kegiatan ekonomi di wilayah Sumatera Utara. Aktivitas tersebut diantaranya pemanfaatan air Danau Toba sebagai PLTA, sebagai bahan baku air bersih PDAM, pemanfaatan warga untuk lokasi pengembangan ikan dengan KJA, perikanan, pemeliharaan air serta transportasi. Hal ini akan memengaruhi penurunan kualitas air di Danau Toba. Karena peran dan fungsi utama dari Danau Toba yang semakin besar, maka dilakukan pengamatan terhadap kualitas air yang meliputi setiap parameter fisik air, seperti kekeruhan air, suhu permukaan air, zat paadat terlarut, klorofil, oksigen. Dalam penelitian kualitas air di Danau Toba menggunakan Citra Landsat 8 tahun 2017-2019.

**Sejarah Artikel**

Submitted: 1 Mei 2024

Accepted: 8 Mei 2024

Published: 9 Mei 2024

**Kata Kunci**Danau Toba, Kualitas Air,  
Landsat 8

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Danau merupakan cekungan pada permukaan bumi yang berisi air sehingga merupakan ekosistem perairan tawar yang tergenang yang lebih besar dibandingkan kolam. Salah satunya adalah Danau Toba. Danau Toba yang terletak di Provinsi Sumatera Utara memiliki luas permukaan 1.124 km<sup>2</sup> (112.400 ha), volume danau sekitar 256,2 km<sup>3</sup> (256,2x10<sup>9</sup> m<sup>3</sup>) dan kedalaman maksimum 508 m. Dengan karakteristik fisik seperti itu maka Danau Toba menjadi danau terbesar di Indonesia, bahkan Asia Tenggara. Danau Toba terletak pada posisi geografi 2°41'N 98°53'E / 2.68°N 98.88°E dengan ketinggian 995 di atas permukaan laut dan terletak pada posisi topografi 2°41'LU 98°53'BT / 2.68°LU 98.88°BT di ketinggian 995 m di atas permukaan laut. Sebagai danau terbesar dengan badan air yang paling besar, Danau Toba berperan penting dalam berbagai kegiatan ekonomi di wilayah Sumatera Utara. Aktivitas tersebut diantaranya pemanfaatan air Danau Toba sebagai PLTA, sebagai bahan baku air bersih PDAM, pemanfaatan warga untuk lokasi pengembangan ikan dengan KJA, perikanan, pemeliharaan air serta transportasi.

Berdasarkan hasil pengamatan saat ini di kawasan Danau Toba, beberapa aktivitas di sekitar Danau Toba seperti permukiman penduduk, hotel, restoran yang tidak dilengkapi Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) dan menghasilkan air limbah domestik yang dibuang ke Danau Toba, budidaya perikanan, transportasi air dengan kemungkinan mencemari oli atau bahan bakar ke danau toba, peternakan yang membuang limbahnya ke Danau Toba, kegiatan pertanian yang menyebabkan masuknya larutan pupuk dan bahan kimia pertanian lainnya ke Danau Toba serta pabrik yang membuang limbahnya ke Danau Toba. Selain air limbah, limbah padat domestik juga ada yang masuk ke Danau Toba sehingga dapat mencemari perairan Danau Toba. Dengan penetapan Danau Toba sebagai Kawasan Peruntukan Pariwisata, maka akan timbul berbagai macam kegiatan wisata yang didukung berbagai fasilitas dan layanan yang disediakan oleh masyarakat, pengusaha dan pemerintah. Penambahan jumlah dan jenis aktivitas masyarakat diperkirakan akan memberikan dampak terhadap

kualitas air Danau Toba. Salah satu dampaknya adalah kondisi perairan Danau Toba yang mengalami perubahan terutam perubahan di kualitasnya.

Penginderaan jauh adalah salah satu yang dapat digunakan untuk menganalisis kualitas air. Penginderaan jauh dapat merekam karakteristik pantulan dan pancaran berbagai obyek di permukaan bumi, termasuk tubuh air, dan diketahui bahwa material yang terkandung di dalam air dapat secara signifikan merubah karakteristik hamburan balik air, sehingga penginderaan jauh dapat dimanfaatkan untuk mengkaji fenomena kualitas air. Penginderaan jauh menggunakan citra dapat memantau kualitas air karena tingkat refleksi pada air memiliki panjang gelombang yang berbeda, tergantung material didalamnya. Nilai spektral air yang tidak mengandung material di dalamnya akan memiliki nilai spektral rendah dan terlihat gelap. Data titik validasi insitu di asumsikan sebagai data yang memiliki tingkat akurasi dan presisi lebih tinggi dibandingkan karena data hasil insitu lapangan lebih menggambarkan kondisi riil.

Dengan memanfaatkan Citra Landsat 8, dapat digunakan untuk deteksi kualitas air dengan melakukan pemantauan mutu air dan penanganan sampah laut. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi kualitas air Danau Toba dari parameter klorofil-a, fosfor, dan tingkat kecerahan, suhu permukaan, kekeruhan air serta mengevaluasi perbandingan kualitas air Danau. Proses analisis kualitas air danau dilakukan dengan pengamatan dari setiap hasil parameter fisik air.

### 1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah untuk penelitian ini yaitu :

1. Apa saja perubahan kualitas air yang terjadi pada tahun 2017 - 2019 di Perairan Danau Toba?
2. Metode apa saja yang digunakan untuk mengetahui kualitas air tersebut?
3. Jenis parameter fisik air mana sajakah yang digunakan untuk mengetahui kualitas air di Danau Toba?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu

1. Menganalisis pencemaran yang terjadi di Danau Toba untuk periode tahun 2017 - 2019

2. Mengetahui pemanfaatan Citra Landsat 8 dalam penginderaan jauh untuk menentukan kualitas air
3. Menguji kemampuan variabel citra landsat 8 dalam menentukan kualitas air pada setiap parameter fisik air yang dipakai.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Citra Landsat 8

Landsat-8 adalah sebuah satelit observasi bumi Amerika yang diluncurkan pada 11 Februari 2013. Ini merupakan satelit kedelapan dalam program Landsat, ketujuh untuk berhasil mencapai orbit. Awalnya disebut Landsat Data Continuity Mission (LDCM) yang merupakan project gabungan antara NASA dan Geological Survey Amerika Serikat (USGS) beserta NASA Goddard Space Flight Center (Silmina Laili, 2020). Sebagian besar kanal memiliki spesifikasi mirip dengan Landsat-7. Untuk Sensor OLI yang dibuat oleh Ball Aerospace, terdapat 2 band yang baru terdapat pada satelit Program Landsat yaitu Deep Blue Coastal/Aerosol Band (0.433–0.453)  $\mu\text{m}$  serta Shortwave InfraRed Cirrus Band (1.360–1.390)  $\mu\text{m}$ . Sedangkan 7 band lainnya adalah band yang sebelumnya terdapat pada sensor satelit Landsat generasi sebelumnya. Sedangkan Sensor TIRS yang dibuat oleh NASA, ada dua band pada region thermal dengan resolusi spasial 100 meter (USGS, 2013).

### 2.2 ArcGis

Penggunaan Sistem Informasi Geografis (SIG) dan pengaplikasiannya dibantu melalui software ArcGIS sudah mulai berkembang terutama di Indonesia. SIG merupakan sistem informasi yang unik karena menggunakan data spasial, yang telah direferensikan sebagai input data serta informasi yang menghasilkan solusi untuk memecahkan masalah spasial yang mungkin tidak dapat diselesaikan dengan sistem informasi yang lain (E, 2013). Dengan demikian, diharapkan keberadaan suatu sistem informasi yang efisien, lugas akan mampu mengelola data dengan struktur yang kompleks dan dengan jumlah yang besar ini dapat membantu dalam proses pengambilan keputusan yang tepat (E. Harseno and V. I. R. Tampubolon, 2007).

### 2.3 QGIS

Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis open source dengan lisensi di bawah GNU General Public License yang dapat dijalankan dalam berbagai sistem operasi. QGIS bertujuan untuk menjadi GIS yang mudah digunakan dengan menyediakan fungsi dan fitur umum (Aplikasi Anisa Sholawati, 2023). QGIS merupakan proyek dari Open Source Geospatial Foundation (OSGeo) dimana tujuan awalnya adalah untuk menampilkan data GIS. QGIS dapat dijalankan pada Linux (Ubuntu), Unix, Mac OS, Windows dan Android, serta mendukung banyak format dan fungsionalitas pengolahan data vektor, raster, dan database (Di, 2021). Namun, dalam modul ini hanya dijelaskan penggunaan Quantum GIS pada platform Microsoft Windows. QGIS merupakan salah satu perangkat lunak yang digunakan pengelolaan data dan pengembangan aplikasi sistem informasi geografi. Geographical Information System (GIS) ialah sistem informasi khusus terkait pengelola data dengan referensi spasial (keruangan). QGIS sebagai alternatif dari sekian banyak perangkat lunak pengolahan data spasial, memiliki beberapa kelebihan diantaranya (Aplikasi Anisa Sholawati, 2023):

- a) Gratis, tidak membutuhkan biaya untuk proses instalasi dan penggunaan program.
- b) Bebas, dapat menambah dan memodifikasi fungsi dalam QGIS.
- c) Terus berkembang, setiap orang dapat menambah fitur baru dan penyempurnaan aplikasi.
- d) Ketersediaan dokumen panduan dan pertolongan, pendukung panduan dan bantuan terhadap permasalahan tersedia online dan dapat diunduh dalam bentuk dokumen.
- e) Multi sistem operasi, dapat diinstal di MacOS, Windows, Linux dan Android (versi beta).

### 2.4 Klorofil-a

Klorofil-a merupakan komponen penting yang didukung fitoplankton dan tumbuhan air yang mana keduanya merupakan sumber makanan alami bagi ikan. Klorofil-a adalah suatu pigmen aktif dalam sel tumbuhan yang mempunyai peran penting terhadap berlangsungnya proses fotosintesis

di perairan (Krismono, 2010). Klorofil-a dapat dijadikan sebagai salah satu indikator kesuburan perairan karena berperan sebagai faktor penentu kelimpahan fitoplankton di perairan dalam proses fotosintesis (Nuzapril, 2017).

$$\text{Chl-a (mg/m}^3\text{)} = 2.41 \times (\text{TM3/TM2}) + 0.187 \dots(1)$$

Keterangan:

TM 2 = kanal 2 Landsat TM

TM 3 = kanal 3 Landsat TM

### 2.5 Total Suspended Solid (TSS)

Padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid) adalah bahan-bahan tersuspensi (diameter >1 μm) yang tertahan pada saringan millipore dengan diameter pori 0,45 μm. TSS terdiri dari lumpur dan pasir halus serta jasad renik yang disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi tanah yang terbawa ke badan air (Silmina Laili, 2020).

$$\text{TSS (mg/L)} = 4.9453 \times \exp^{(0.0028 \times \text{band red})} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

Band red = reflektansi band 4

Bahan-bahan tersuspensi dan terlarut di perairan alami tidak bersifat toksik, tapi jika berlebihan TSS dapat meningkatkan nilai kekeruhan yang akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke kolom air dan akan berpengaruh terhadap proses fotosintesis di perairan (Effendi, 2003).

### 2.6 Algoritma Total Suspended Solid (TSS)

TSS merupakan materi atau bahan tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan air terdiri dari lumpur, pasir halus serta jasad-jasad renik yang terutama disebabkan oleh kikisan tanah atau erosi yang terbawa badan air (Effendi, 2003). TSS merupakan salah satu faktor penting menurunnya kualitas perairan sehingga menyebabkan perubahan secara fisika, kimia dan biologi (Bilotta, 2008). Perubahan secara fisika meliputi penambahan zat padat baik bahan organik maupun anorganik ke dalam perairan sehingga meningkatkan kekeruhan

yang selanjutnya akan menghambat penetrasi cahaya matahari ke badan air. Berkurangnya penetrasi cahaya matahari akan berpengaruh terhadap proses fotosintesis yang dilakukan oleh fitoplankton dan tumbuhan air lainnya. Banyaknya TSS yang berada dalam perairan dapat menurunkan kesediaan oksigen terlarut. Jika menurunnya ketersediaan oksigen berlangsung lama akan menyebabkan perairan menjadi anaerob, sehingga organisme aerob akan mati. Tingginya TSS juga dapat secara langsung mengganggu biota perairan seperti ikan karena tersaring oleh insang. Nilai TSS dapat menjadi salah satu parameter biofisik perairan yang secara dinamis mencerminkan perubahan yang terjadi di daratan maupun di perairan. TSS sangat berguna dalam analisis perairan dan buangan domestik yang tercemar serta dapat digunakan untuk mengevaluasi mutu air, maupun menentukan efisiensi unit pengolahan (Rinawati, 2016).

### 2.7 Oksigen

O<sup>2</sup> adalah gas tak berbau, tak berasa, dan hanya sedikit larut dalam air. O<sup>2</sup> berada dimana-mana tidak hanya sebagai unsur murni di atmosfer, tetapi juga dalam semua makhluk hidup termasuk senyawa-senyawa yang ada di sekelilingnya (Brady, 1999). Air merupakan salah satu senyawaan yang paling melimpah yang mengandung O<sup>2</sup> dalam keadaan bersenyawa. Air yang menutupi sebagian besar bumi, sepertiganya adalah O<sup>2</sup>. Oleh sebab itu, tumbuhan dan plankton di laut berperan menjaga jumlah oksigen di atmosfer (Keenan., 1984).

### 2.8 Land Surface Temperature (LST)

Algoritma pengolahan Land Surface Temperature (LST) menggunakan algoritma sebagai berikut (Darettamarlan):

1. Mengkonversi digital number menjadi Top Of Atmosphere (TOA) Radiance

$$L\lambda = ML \times Q_{cal} + AL \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- Lλ : Spektral radian
- ML : Konstanta rescalling
- Qcal : Digital number
- AL : Konstanta penambah

2. Mengkonversi nilai Top Of Atmosphere (TOA) radiance menjadi Top Of Atmosphere (TOA) Brightness Temperature

$$T = K_2 \ln ( K_1 L\lambda + 1 ) - 273,15 \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan:

T: Suhu (celcius)

3. Land Surface Temperature (LST)

$$LST = \frac{BT}{\{1 + [\frac{\lambda BT}{C^2}] \ln(E)\}}$$

.....(5)

Keterangan :

BT : Temperature brightness ( °C)

λ : Wavelength of emitted radiace

E : Land Surface Emissivity

c2 : h\*(c/s) = 1,4388\*10-2 mK = 14388 mK

h : Planck’s constant (6,626\*10-34 Js)

s : Boltzmann constans (1,38\*10-23 JK)

c : Velocity of light (2,998\*108 m/s)

### 2.9 Normalized Turbidity Index (NDTI)

Analisis tingkat kekeruhan air sebagai salah satu indikator air mengandung material sedimen dilakukan melalui perhitungan *Normalized Difference Turbidity Index* (NDTI) pada citra satelit Landsat 8 OLI (Alfi Nur Rusydia, 2021). *Normalized Difference Turbidity Index* (NDTI) dihitung menggunakan Persamaan 1 sebagai berikut:

$$NDTI = \frac{Red - Green}{Red + Green} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

NDTI = indeks kekeruhan;

Red = band merah pada citra Landsat 8

Green = spektrum hijau pada citra Landsat 4

Semakin besar indeks NDTI, maka semakin keruh suatu obyek perairan (S. Bid and G. Siddique, 2019). Deteksi perubahan dilakukan untuk mengetahui dinamika perubahan kondisi kekeruhan di waduk Sutami. Deteksi perubahan nilai NDTI dilakukan antar dua citra dengan tahun pengamatan yang sama dengan RWD (Alfi Nur Rusydia, 2021).

### 3. Metodologi

#### 3.1 Alat dan Bahan

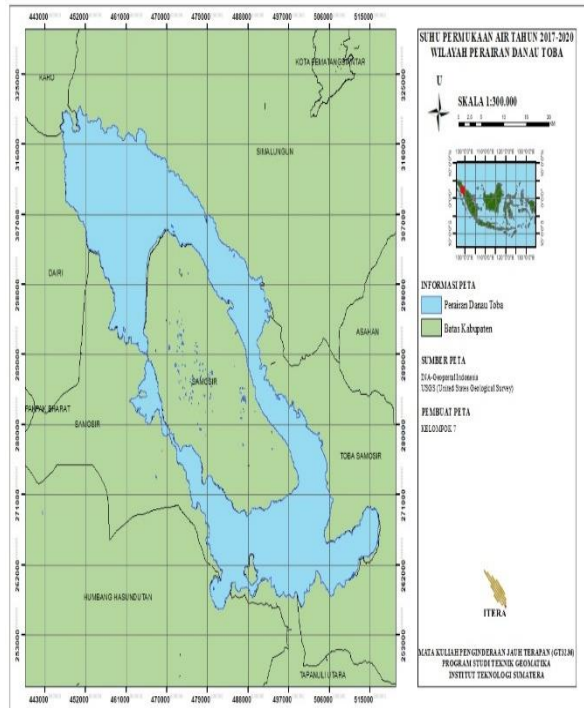
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Laptop
2. Qgis
3. ArcGIS

4. Website USGS (*United States Geological Survey*)
5. SHP Danau Toba
6. Citra Landsat 8

### 3.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Perairan Danau Toba, Kabupaten Toba Samosir, Provinsi Sumatera Utara. Perairan Danau Toba memiliki luas area permukaan sebesar 1.130 km<sup>2</sup>. Danau Toba terletak pada koordinat 3,5° LU 98,67° BT. Berikut peta lokasi penelitian :



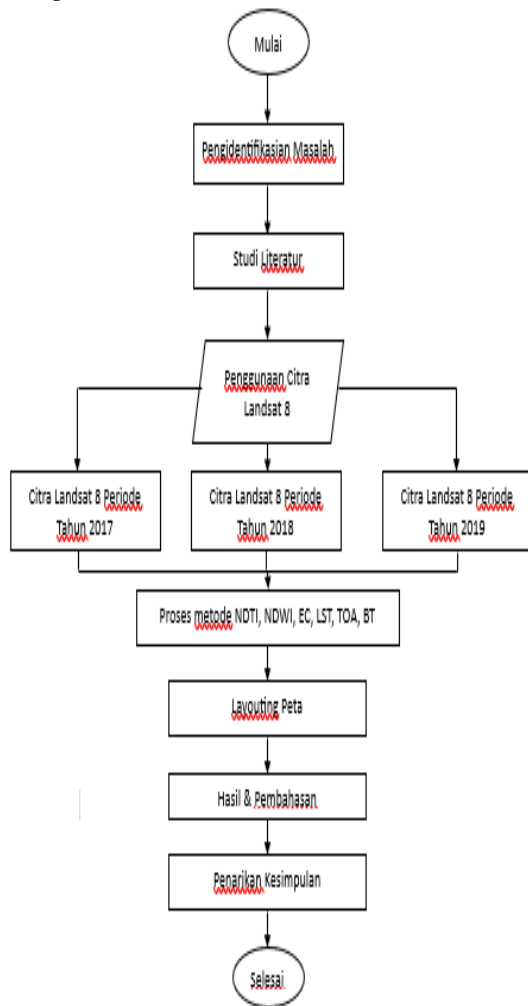
Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian Perairan Danau Toba

### 3.3 Diagram Alir

Langkah awal dari penelitian ini yaitu melakukan identifikasi masalah pada Perairan Danau Toba terutama dalam periode tahun 2017 – 2019. Kemudian, dilakukan studi literatur terhadap permasalahan yang diambil. Setelah itu, dilakukan pemilihan citra satelit yang sesuai dan melakukan pengunduhan pada website USGS (*United States Geological Survey*). Citra satelit diunduh berdasarkan setiap periode tahun yang digunakan yaitu 2017 – 2019.

Setelah itu, dilakukan penggunaan metode yang sesuai seperti NDTI (*Normalized Difference Turbidity Index*), LST (*Land Surface Temperature*)

, TOA (*Top Of Atmosphere*), TSS (*Total Suspended Solid*) berdasarkan setiap parameter fisik air yang ingin dipakai untuk mengetahui kualitas air pada wilayah perairan tersebut. Maka, akan didapatkan visualisasi parameter fisik air yang digunakan pada setiap periode tahun 2017 – 2019. Setelah itu, dilanjutkan dengan *layouting* peta serta melakukan analisis dari setiap hasil yang didapatkan. Kemudian, dari hasil dan analisis tersebut dilakukan penarikan kesimpulan.



Gambar 2. Diagram Alir Proses Penelitian

#### 4. Hasil dan Pembahasan

Visualisasi dari setiap parameter fisik air digambarkan melalui peta seperti dibawah ini :

##### 4.1 Penentuan Parameter Fisik Air

Dalam melakukan penentuan kualitas air bersih terdapat beberapa parameter fisik air yang

dapat digunakan sebagai penentuan kualitas air bersih. Adapun dengan menggunakan citra landsat 8 setelah dilakukan proses pengkoreksian citra dilakukan untuk mengambil data-data informasi pada citra, proses pengkoreksi citra yang dilakukan pada citra landsat 8 meliputi pengkoreksian radiometrik dan geometrik, terlebih citra landsat 8 yang telah diunduh telah terkoreksi secara radiometrik dan geometrik namun masih perlu dilakukan koreksi radiometrik karena nilai pada citra masih menunjukkan data digital berupa nilai masing-masing piksel atau yang disebut *digital number/DN* dan belum merupakan nilai pantulan atau pancaran spektral yang meminimalisir pengaruh atmosfer. Koreksi atmosferik dilakukan untuk mengurangi nilai hamburan dari pengaruh atmosfer yang menyebabkan meningkatnya nilai pantulan obyek yang sampai kepada sensor.

Pemodelan Regresi dilakukan untuk mengetahui saluran citra landsat 8 manakah yang memiliki hubungan yang kuat dengan parameter kualitas air dengan baik karea kombinasi saluran yang memiliki kemungkinan besar untuk memberikan prediksi variasi berbagai parameter fisik kualitas air. Adapun dengan menggunakan pemodelan regresi memberikan visualisasi pola spasial untuk mengetahui penyebaran dari bagian parameter fisik yang akan digunakan, dengan menggunakan pemodelan regresi dapat menentukan parameter fisik air yang lebih cocok digunakan untuk mengetahui kualitas air pada perairan Danau Toba.

Sehingga dari pemodelan regresi memberikan informasi sebagai penilaian band citra yang tepat digunakan adalah sebagai berikut :

- Saluran band yang digunakan : Band 2,4,5,10
- Kombinasi saluran : Band 5/Band 4, Band 2/Band 4, Band 3/Band 4, Band 10/ Band 4, Band 10/ Band 5
- Data Sun Elvation :

Tabel 1. Data Sun Elvation

Tahun	Nilai
2017	65.29679274
2018	57.48231827
2019	57.65961412

Ekstraksi nilai pantulan digunakan dengan menggunakan informasi data MTL dari landsat 8 untuk mengetahui nilai *sun elevation* yang merupakan nilai yang digunakan untuk menentukan pemilihan

parameter.

Pengujian saluran band citra dilakukan setelah memilih saluran band yang akan digunakan. Adapun pengujian saluran band ini menggunakan uji asumsi regresi linear yang baik untuk mendapatkan syarat terpenuhinya beberapa asumsi. Regresi linear dilakukan dengan memasukkan saluran band yang telah diasumsikan untuk mengetahui ketepatan dari saluran band dengan menggunakan rumus berdasarkan metode yang dipilih. Adapun penerapan rumus yang digunakan pada saat melakukan uji akurasi sebagai berikut.

- Koreksi Radiometrik

Tabel 2. Koreksi Radiometrik

Saluran Band	Rumus	Tahun	Hasil
Band 2	Band 2 - 100	2017	-88 - 53414
		2018	-98 - 50209
		2019	-95 - 44007
Band 4	Band 4 - 100	2017	1443 - 53284
		2018	422 - 50961
		2019	1102 - 45048
Band 5	Band 5 - 100	2017	4934 - 53392
		2018	3882 - 51889
		2019	2807 - 47334
Band 10	Band 10 - 100	2017	7,305 - 18,897
		2018	0,197 - 18,927
		2019	0,197 - 19,036

- Penerapan rumus

Tabel 3. Penerapan Rumus Parameter Fisik Air

Parameter Fisik Air	Metode	Tahun	Rumus yang digunakan
Suhu Permukaan Air	Koreksi Band	2017	Band 10 - 100
		2018	
		2019	
	Radians	2017	(0.000334
		2018	2 * "Band

	Kelvin - Celcius	2019	10") + 0.100
		2017	1321.0789/ (ln ( 774.8853 / "Hasil Radians")+ 1))
		2018	
	LST	2017	("Kelvin- Celcius" - 273.15 )
		2018	
		2019	
Zat Padat Terlarut	TOA	2017	(2.0000E-05 * "Band N") + (-0.100000) / sin (65.29679274 )
		2018	(2.0000E-05 * "Band N") + (-0.100000) / sin (57.48231827 )
		2019	(2.0000E-05 * "Band N") + (-0.100000) / sin (57.65961412 )
	TSS	2017	(31.42 * log10 (TOA
		2018	
		2019	

			Band 4) / log10 (TOA Band 2) - 12.719 )
Kekeruhan Air	NDTI	2017	(Band 2 –
		2018	Band 4) /
		2019	(Band 2 + Band 4)
Klorofil-a	TOA	2017	(2.0000E-05 * "Band N") + (-0.100000) / sin (65.29679274 )
		2018	(2.0000E-05 * "Band N") + (-0.100000) / sin (57.48231827 )
		2019	(2.0000E-05 * "Band N") + (-0.100000) / sin (57.65961412 )
	TOA KOMBINASI	2017	((0.9889*(
		2018	"TOA
		2019	Band 5"/ "TOA Band 4" ) ) - ( 0.3619 )

			)
Masking		2017	Band 5 /
		2018	Band 4 < 1
		2019	
Klorofil		2017	TOA
		2018	KOMBIN
		2019	ASI / Masking

• Hasil Uji akurasi Suhu Permukaan Air

Tabel 4. Hasil Uji Akurasi Suhu Permukaan Air

Tahun	Minimal (°C)	Maksimal (°C)	Rata-Rata
2017	43,92	66,73	59,61
2018	48,44	67,88	58,00
2019	35,39	65,61	58,86

• Hasil Uji akurasi Klorofil-a

Tabel 5. Hasil Uji akurasi Klorofil-a

Tahun	Minimal (mg/m³)	Maksimal (mg/m³)	Rata-rata
2017	-284,55	1728,21	0,43
2018	0,63	2,58	0,66
2019	0,63	1,78	0,65

• Hasil Uji Akurasi Zat Padat Terlarut

Tabel 6. Hasil Uji Akurasi Zat Padat Terlarut

Tahun	Minimal (mg/l)	Maksimal (mg/l)	Rata-rata
2017	-1,53	120,18	18,79
2018	7,14	132,58	19,62
2019	6,51	140,15	17,86

• Hasil Uji Akurasi Kekeruhan Air

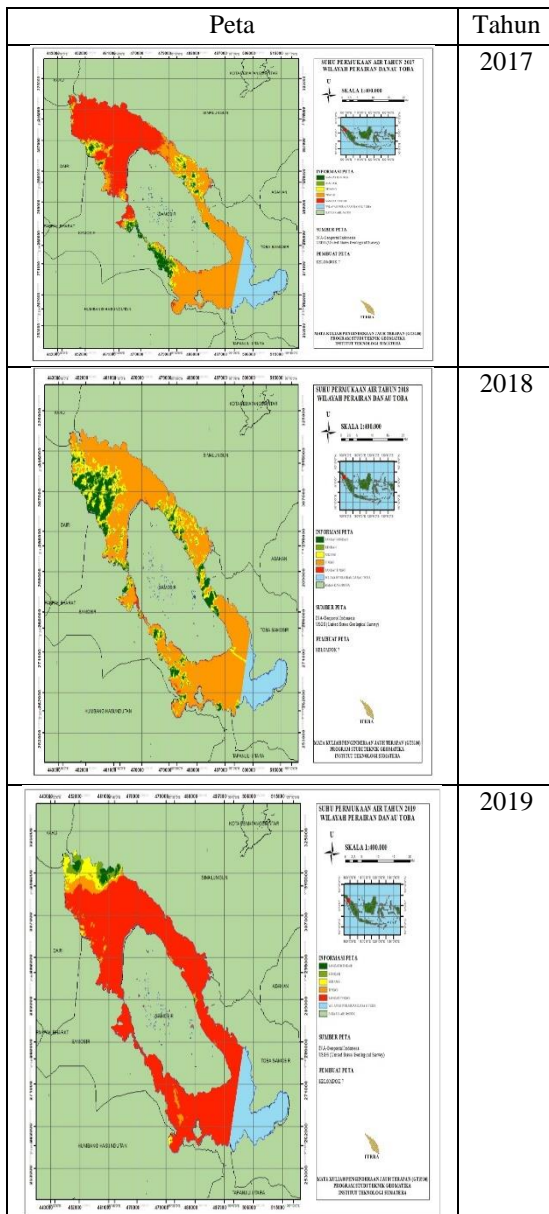
Tabel 7. Hasil Uji Akurasi Kekeruhan Air

Tahun	Minimal (NTU)	Maksimal (NTU)	Rata-rata

2017	-0,96	0,10	0,00
2018	1	94629	18888,07
2019	1	88648,97	15259,79

## 4.2 Suhu Permukaan Air

Tabel 1. Peta Suhu Permukaan Air Danau Toba Periode Tahun 2017-2019



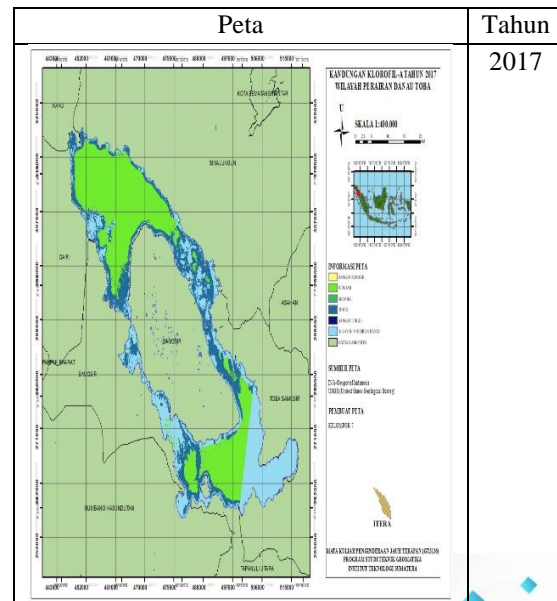
Hasil penelitian suhu permukaan air memperlihatkan bahwa suhu permukaan air pada wilayah Danau Toba menggunakan Landsat 8 menunjukkan variasi yang sangat tinggi. Kondisi rata rata nilai suhu permukaan air pada

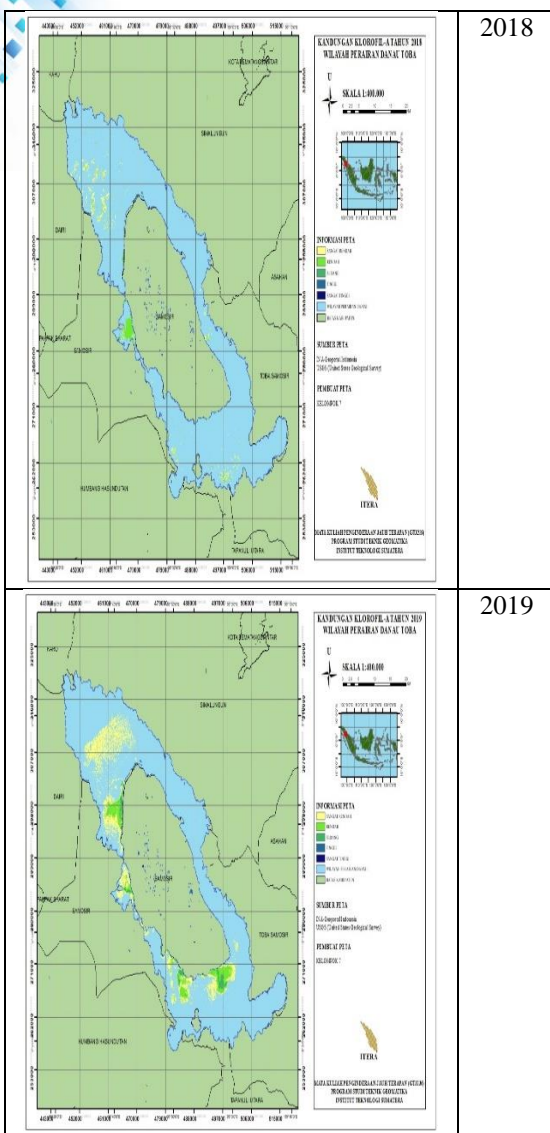
Perairan Danau Toba masih berada dalam kisaran yang dapat ditoleransi oleh organisme akuatik dan untuk kegiatan budidaya seperti budidaya perikanan.

Suhu permukaan air pada tahun 2017, 2018 dan 2019 memiliki rentang yang tidak seragam. Pada tahun 2017, rata-rata suhu permukaan air di Danau Toba cenderung sangat tinggi. Tahun 2018, suhu permukaan air cenderung tinggi dan hampir tidak ada di suhu sangat tinggi. Sedangkan di tahun 2019, suhu permukaan air rata-rata cenderung berada di sangat tinggi. Kondisi stabilitas Danau Toba sesuai dengan stratifikasi suhu pada sebagian besar periode dalam setahun namun terdapat pendinginan (cooling) pada interval tak tentu dalam periode sirkulasi yang terbilang jarang. Stratifikasi suhu yang cenderung permanen di perairan Danau Toba, namun cenderung dinamis di bagian permukaan bahwa dengan tidak adanya tutupan es, suatu kombinasi pemanasan matahari, pendinginan radiasi dan dorongan angin menghasilkan suatu lapisan permukaan yang relative tercampur baik.

## 4.2 Klorofil

Tabel 2. Peta Pesebaran Klorofil di Danau Toba Periode Tahun 2017-2019





2018

2019

bahwa konsentrasi klorofil-a pada tahun 2017 memiliki tingkat kandungan klorofil sebanyak (-284,55) – 1728,21 (mg/m<sup>3</sup>), lalu diikuti pada tahun 2018 sebanyak 0,63 – 2,58 (mg/m<sup>3</sup>), dan pada tahun 2019 sebanyak 0,63 – 1,78 (mg/m<sup>3</sup>). klorofil-a mengalami peningkatan tingkat kandungannya namun mengalami penurunan pada penyebarannya dimana hal ini dapat dilihat pada peta yang menampilkan visul. Keberadaan klorofil-a terjadi akibat adanya tingkat nilai kesuburan dan kualitas perairan karena masuknya limbah organik yang baik dari kegiatan pertambakan udang yang menghasilkan limbah tambak dan perikanan maupun adanya limbah cair berasal dari kegiatan industri.

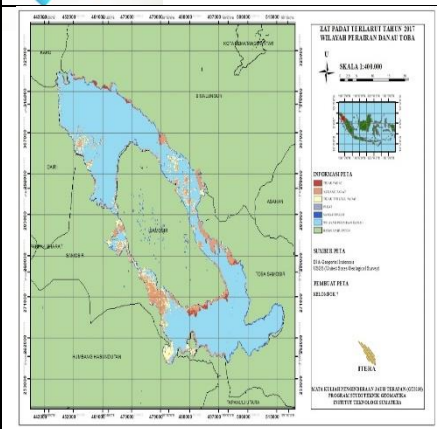
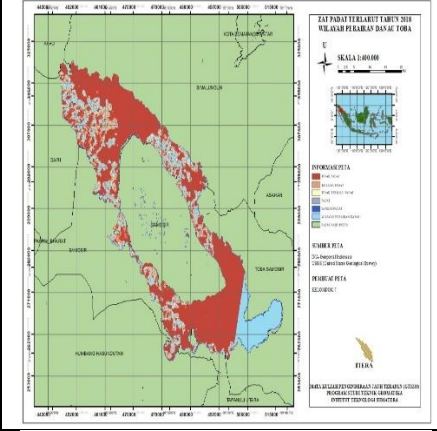
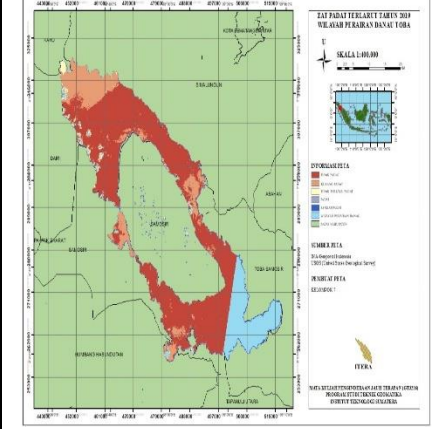
Perairan danau toba setiap tahun mengalami perubahan yang terjadi akibat alam maupun non alam seperti adanya perubahan iklim dan cuaca dapat mempengaruhi perubahan suhu pada air sehingga hal ini merupakan salah satu faktor yang menjadi penentu adanya kandungan klorofil-a pada perairan danau toba dikarenakan kandungan ini akan sangat bermanfaat untuk pertambakan dan perikanan pada perairan danau toba lalu perubahan non alam yang terjadi karena aktifitas manusia dapat menjadi penentu karena dalam mengelola perairan danau toba memerlukan pengelolaan yang tepat untuk terus menjadi kandungan yang baik untuk keberlangsungan kandungan klorofil-a.

Faktor lain adalah dengan adanya cahaya matahari yang masuk ke dalam perairan akan menyebabkan kurang optimumnya proses fotosintesis, sehingga berpengaruh pada klorofil-a dimana kelimpahan fitoplankton dapat menggambarkan konsentrasi klorofil-a. Semakin tinggi kelimpahan fitoplankton, maka akan semakin tinggi nilai klorofil-a. hal ini menjadikan parameter kualitas air yaitu klorofil-a pada perairan danau toba periode tahun 2017-2019 mampu menentukan bahwa kualitas air tergolong ke dalam tingkat kesuburan sedang / mesotrofik.

Dari hasil klorofil menunjukkan bahwa dari tahun ke tahun mengalami perubahan pada tingkat kandungan Klorofil-a pada perairan danau toba. Kandungan klorofil-a pada perairan dapat dilihat melalui banyaknya fitoplankton karena fitoplankton merupakan penghasil klorofil-a tertinggi di perairan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kualitas Perairan Kendal dilihat dari kandungan klorofil-a dan fitoplankton (Garini, Suprijanto, & Pratikto, 2021). Dengan menggunakan penginderaan jauh pada citra landsat 8 dapat memberikan analisa kandungan klorofil-a yang terdapat pada perairan danau toba periode tahun 2017-2019 sehingga dar hasil penginderaan jauh untuk menentukan klorofil-a memberikan hasil

### 4.3 Zat Padat Terlarut

Tabel 3. Peta Zat Padat Terlarut di Danau Toba Periode Tahun 2017-2019

Peta	Tahun
	2017
	2018
	2019

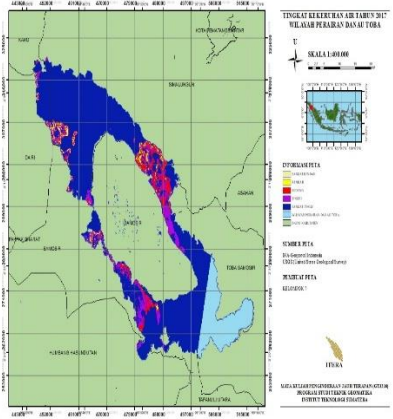
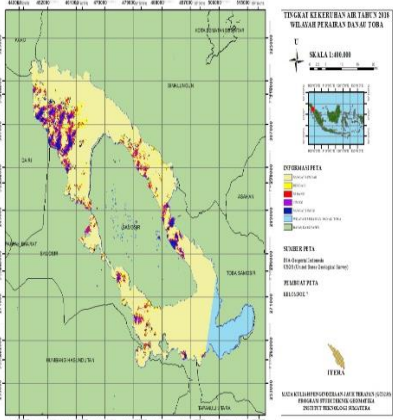
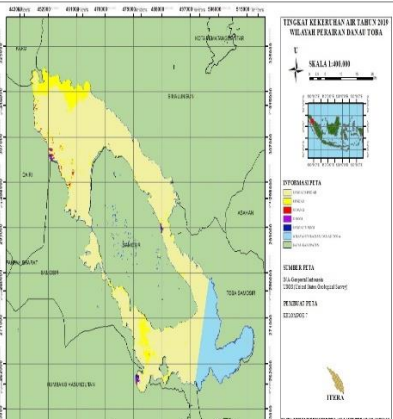
Bedasarkan hasil pengolah yang di dapatkan pada tahun 2017-2019, terdapat perubahan warna air yang tidak sesuai dengan kondisi alami di wilayah tersebut. Total Suspended Solids (TSS) adalah parameter yang penting dalam analisis kualitas air. TSS mengacu pada jumlah total partikel padat yang terapung

atau terlarut dalam air. Pada tahun 2017 menunjukkan warna biru merupakan wilayah perairan danau. kondisi yang dominan di kandungan air di danau tersebut adalah partikel air yang kurang padat (warna coklat muda). Sedangkan pada tahun 2018 kandungan zat padat (warna coklat tua) meningkat pesat hampir menutupi luas area danau Toba. Perbandingan terakhir juga bisa di lihat pada peta TTS pada tahun 2019, Dimana dominasi masih pada zat padat namun lebih merata dan luas. *Total Suspended Solids* (TSS) adalah parameter yang penting dalam analisis kualitas air. Partikel tersebut dapat berasal dari berbagai sumber, termasuk tanah erosi, limbah industri, limbah pertanian, dan sedimentasi alami. Berikut adalah beberapa cara di mana TSS dapat digunakan untuk analisis kualitas air: TSS seringkali merupakan indikator utama pencemaran air karena dapat mencakup berbagai zat berbahaya seperti logam berat, pestisida, dan bahan organik terlarut.

Dengan memonitor TSS, kita dapat memahami tingkat pencemaran dalam air dan mengambil langkah-langkah yang tepat untuk mengurangi pencemaran. Dengan memonitor TSS secara teratur, kita dapat melacak perubahan dalam kualitas air dari waktu ke waktu dan mengidentifikasi tren jangka panjang dalam pencemaran. Dengan membandingkan level TSS sebelum dan setelah penerapan tindakan pengelolaan, kita dapat menilai dampaknya terhadap kualitas air dan lingkungan.

### 4.4 Kekeruhan Air

Tabel 4. Peta Kekeruhan Air di Danau Toba Periode Tahun 2017-2019

Peta	Tahun
	2017
	2018
	2019

Ketiga hasil peta tersebut memvisualisasikan parameter fisik air, salah satunya ialah kekeruhan air. Pengamatan kekeruhan air ini dilakukan dengan periode tahun 2017-2019. Metode pengolahan citra

untuk memperoleh parameter kekeruhan air yaitu dengan menggunakan NDTI (*Normalized Difference Turbidity Index*) melalui penggunaan band *red* serta band *green* yang ada di citra landsat 8.

Berdasarkan hasil pada tabel diatas, dapat diketahui bahwa pada tahun 2017 kekeruhan air yang terjadi di Danau Toba dominan sangat tinggi. Sementara pada tahun 2018, terjadi penurunan tingkat kekeruhan air menjadi sangat rendah namun terdapat beberapa bagian yang memiliki tingkat kekeruhan air yang sangat tinggi. Pada tahun 2019, tingkat kekeruhan air yang ada mengalami penurunan kembali dengan wilayah Danau Toba pada peta diatas lebih merata pada tingkatan kekeruhan air yang rendah hingga sangat rendah.

### 5. Kesimpulan

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kualitas air yang ada pada suatu wilayah. Objek penelitian ini berada pada Perairan Danau Toba. Pengunduhan citra satelit dilakukan dengan menggunakan website USGS dengan periode tahun pengamatan 2017 – 2019. Pengamatan perubahan terhadap kualitas air ini dilakukan menggunakan setiap parameter fisik air seperti suhu permukaan air, kandungan klorofil, kekeruhan air, dan kandungan zat padat terlarut.

Berdasarkan hasil yang didapatkan, parameter fisik air tiap periode tahunnya dari 2017-2019 mengalami perubahan yaitu untuk suhu permukaan air mengalami peningkatan sehingga suhu di wilayah tersebut tergolong pada tingkat tinggi. Sementara itu, pada parameter air berupa kekeruhan, zat padat terlarut, dan kandungan klorofil pada periode tahun 2017-2019 cenderung mengalami penurunan sehingga tergolong pada tingkatan rendah hingga sangat rendah. Parameter fisik air yang digunakan cenderung mengalami penurunan tingkatan pada tahun 2017 - 2019, maka kualitas air di wilayah Danau Toba pada periode 2017 – 2019 semakin rendah yang dipengaruhi oleh adanya pengaruh dari aktifitas manusia, perubahan iklim serta cuaca, dan sebagainya.

### DAFTAR PUSTAKA

Aplikasi Anisa Sholawati, D. A. (2023). Sistem Informasi Geografis Dalam Pemetaan Rumah Sakit Saskatchewan, Kanada. *Kreatif*

- Teknologi dan Sistem Informasi (KRETISI)*, 24-25.
- Bilotta, G. R. (2008). Understanding the influence of suspended solids on water quality and aquatic biota. *Water Research*. 42, 2849-2861.
- Di, G. a. (2021). "Pelatihan Pembuatan Peta Digital Berbasis Sistem Informasi Untuk Berbagai Kebutuhan Seperti , Informasi Lalu Lintas , Kependudukan , Jalan Desa , Area Persawahan , Area Irigasi , Batas Desa , RT / RW , Berdasarkan Pendahuluan Yang Telah Dibahas Diperoleh. 51–56.
- E, I. (2013). *Sistem informasi geografis: prinsip dasar dan pengembangan aplikasi. pengembangan aplikasi*. Yogyakarta,: DigiBook.
- E. Harseno and V. I. R. Tampubolon. (2007). "Aplikasi Sistem Informasi Geografis Dalam Pemetaan Batas Administrasi, Tanah, Geologi, Penggunaan Lahan, Lereng Daerah Istimewa Yogyakarta Dan Daerah Aliran Sungai Di Jawa Tengah Menggunakan Software Arcview Gis,". *Maj. Ilm. Ukrim, Vol.1/Th Xii/*, 63-80.
- Effendi, H. (2003). *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Yogyakarta: KANISIUS.
- Krismono. (2010). Hubungan Antara Kualitas Air dengan Klorofil-a dan Pengaruhnya Terhadap Populasi Ikan di Perairan Danau Limboto. *LIMNOTEK*.
- Nuzapril, M. S. (2017). Hubungan Antara Konsentrasi Klorofil-a dengan Tingkat Produktivitas Primer Menggunakan Citra Satelit Landsat8. . *Jurnal Teknologi Perikanan dan Kelautan Vol. 8*, 105-114.
- Rinawati, D. H. (2016). PENENTUAN KANDUNGAN ZAT PADAT (TOTAL DISSOLVE SOLID DAN TOTAL SUSPENDED SOLID) DI PERAIRAN TELUK LAMPUNG. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 37.
- Silmina Laili, B. E. (2020). ANALISIS KUALITAS AIR DI DANAU BATUR MENGGUNAKAN CITRA LANDSAT-8 OLI/TIRS MULTITEMPORAL. *ISSN 2621-9883*, 72.
- USGS. (2013). *Landsat-8 Handbook Operation*. USA.: Reston.