

**APLIKASI TEKNOLOGI *DRONE* UNTUK PEMANTAUAN DAN  
PENILAIAN SUMBER DAYA AIR PERMUKAAN  
(STUDI KASUS KRUENG ACEH)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Oleh:**

**IRPAN**

**170702114**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH  
2023 M / 1444 H**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### APLIKASI TEKNOLOGI *DRONE* UNTUK PEMANTAUAN DAN PENILAIAN SUMBER DAYA AIR PERMUKAAN (STUDI KASUS KRUENG ACEH)

#### TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry (UIN) Banda Aceh  
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S-1)  
dalam Ilmu Teknik Lingkungan


Oleh:  
**IRPAN**

**NIM. 170702114**


Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 14 Maret 2023  
Telah Diperiksa dan Disetujui oleh:

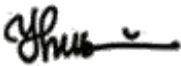
Pembimbing I

  
**Dr. Saumi Syahreza, S.Si., M.Si**  
**NIP. 197609172005011002**

Pembimbing II

  
**Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc**  
**NIDN. 2015118002**

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh

  
**Husnawati Yahya, M.Sc**  
**NIDN. 2009118301**

## LEMBAR PENGESAHAN

### APLIKASI TEKNOLOGI *DRONE* UNTUK PEMANTAUAN DAN PENILAIAN SUMBER DAYA AIR PERMUKAAN (STUDI KASUS KRUENG ACEH)

#### TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munqasyah Tugas Akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh  
serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1)  
dalam Ilmu Teknik Lingkungan


Pada Hari/Tanggal: Selasa, 21 Maret 2023  
28 Sya'ban 1444  
di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munqasyah Tugas Akhir:

Ketua,

  
Dr. Saumi Sahreza, S.Si., M.Si  
NIP. 197609172005011002


Sekretaris,

  
Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc  
NIDN. 2015118002

Penguji I,

  
Dr. Eng. Nur Aida, M.Si  
NIP. 197806162005012009

Penguji II,

  
M. Faisi Ikhwan, M. Eng  
NIDN. 2008109101

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh



  
Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU  
NIP. 196210021988111001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Nama : Irpan  
NIM : 170702114  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh  
Judul Tugas Akhir : Aplikasi Teknologi *Drone* untuk Pemantauan dan Penilaian Sumber Daya Air Permukaan (Studi Kasus Krueng Aceh)

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini;
2. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh maupun di perguruan tinggi lainnya;
3. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing;
4. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
5. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya; dan
6. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Banda Aceh, 17 Maret 2023

Yang membuat pernyataan,



Irpan

NIM. 170702114

## ABSTRAK

Nama : Irpan  
NIM : 170702114  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Judul : Aplikasi Teknologi *Drone* Untuk Pemantauan dan Penilaian Sumber Daya Air Permukaan (Studi Kasus Krueng Aceh)  
Tanggal Sidang : 21 Maret 2023  
Jumlah Halaman : 60  
Pembimbing I : Dr. Saumi Syahreza, S.Si., M.Si  
Pembimbing II : Mulyadi Abdul Wahid, M. Sc  
Kata Kunci : Sungai, Monitoring, Krueng Aceh, Citra Drone

Sungai Krueng Aceh merupakan bagian dari DAS Krueng Aceh yang berperan penting bagi kehidupan. Seiring dengan perkembangan suatu wilayah, pencemaran sungai tidak dapat dihindari sehingga membuat sungai menjadi terkontaminasi dan kehilangan fungsinya. Penelitian ini bertujuan untuk memonitoring kualitas air Sungai Krueng Aceh menggunakan teknologi *Drone*. Metode penelitian yang dilakukan menggunakan observasi lapangan dan memanfaatkan teknologi Drone dengan analisis citra udara menggunakan band RGB. Hasil analisis pengukuran parameter kualitas air dengan konsentrasi tertinggi yaitu TDS dengan konsentrasi 197 mg/L, Turbiditas dengan konsentrasi 105 NTU, *Secchi Disk* dengan nilai 36 cm dan pH dengan konsentrasi 8,8. Sedangkan data RGB tertinggi yaitu *Red* 240, *Green* 226 dan *Blue* 214. Hasil penelitian menunjukkan korelasi yang berhubungan dan signifikan yaitu, *Blue* dan pH dengan korelasi 0,85. Hasil yang didapat dari data prediksi dan observasi menghasilkan nilai *Root Mean Square Error* terkecil yaitu, pH observasi dan pH prediksi sebesar 0,27. Hasil penelitian model regresi menunjukkan hubungan dan signifikan yaitu, pH observasi dan pH prediksi sebesar 0,85. Dari hasil penelitian menunjukkan, nilai TDS lebih tinggi dibagian hilir sebesar 162 mg/L sedangkan nilai pH 7,0, Turbiditas 96 NTU, *Secchi Disk* 21 cm dan NDTI 0,0002 lebih tinggi di bagian hulu.

## ***ABSTRACT***

Name : Irpan  
Student ID Number : 170702114  
Department : Environmental Engineering  
Title : Application of Drone Technology for Surface Water Resources Monitoring and Assessment (Krueng Aceh Case Study)  
Date of Session : 21 March 2023  
Number of Page : 60  
Advisor I : Dr. Saumi Syahreza, S.Si., M.Si  
Advisor II : Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc  
Keywords : River, Monitoring, Krueng Aceh, Drone Imagery

Krueng Aceh River is part of the Krueng Aceh watershed which plays an important role for life. Along with the development of an area, river pollution is inevitable, making the river contaminated and losing its function. This research aims to monitor the water quality of Krueng Aceh River using Drone technology. The research method used field observation and utilized Drone technology with aerial image analysis using RGB bands. The results of the analysis of water quality parameter measurements with the highest concentrations are TDS with a concentration of 197 mg/L, Turbidity with a concentration of 105 NTU, Secchi Disk with a value of 36 cm and pH with a concentration of 8.8. While the highest RGB data is Red 240, Green 226 and Blue 214. The results showed a correlation that was related and significant, namely, Blue and pH with a correlation of 0.85. The results obtained from prediction and observation data produce the smallest Root Mean Square Error value, namely, observation pH and prediction pH of 0.27. The results of the regression model research show a significant relationship, namely, the observed pH and predicted pH of 0.85. The results showed that the TDS value was higher downstream at 162 mg/L while the pH value of 7.0, Turbidity 96 NTU, Secchi Disk 21 cm and NDTI 0.0002 were higher upstream.

## KATA PENGANTAR



Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan Hidayah-Nyalah sampai saat ini penulis masih diberi kesehatan serta kesempatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Shalawat dan salam tak lupa disanjungkan kepada Nabi besar Muhammad SAW, yang mana oleh beliau telah membawa umat manusia dari alam kebodohan ke alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan.

Dengan pertolongan dan hidayah-Nya penulis dapat menyusun tugas akhir *“Aplikasi Teknologi Drone untuk Pemantauan dan Penilaian Sumber Daya Air Permukaan (Studi Kasus Krueng Aceh).”* Tugas akhir ini telah penulis susun dengan maksimal dan dengan bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatan tugas akhir ini. Untuk itu penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Husnawati Yahya M.Sc selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc, selaku sekretaris prodi Teknik Lingkungan
4. Ibu Ir.Yeggi Darnas, S.T., M.T, selaku Penasehat Akademik yang telah banyak memberi arahan dan dukungan selama masa perkuliahan.
5. Bapak Dr. Saumi Syahreza, S.Si., M.Si, selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Mulyadi Abdul Wahid, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu dan membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

7. Seluruh dosen program studi Teknik Lingkungan yang telah mengajarkan banyak ilmu.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada orang tua dan keluarga yang telah memberikan dukungan dan untaian do'a nya selama ini, dan terimakasih juga kepada teman-teman yang telah banyak membantu penyelesaian tugas akhir ini. Dengan segala kerendahan hati, penulis menyadari walaupun tugas akhir ini telah penulis susun dengan semaksimal mungkin namun tidak terlepas dari kekurangan baik dari susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu penulis memohon maaf dan menerima segala saran dan kritik dari pembaca untuk perbaikan di masa mendatang. Akhir kata penulis berharap semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat kepada para pembaca dan semoga Allah selalu meridhoi dan melimpahkan ilmunya kepada kita semua.



Banda Aceh 2022

Penulis

**IRPAN**



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
I.1 Latar Belakang .....	1
I.2 Rumusan Masalah .....	3
I.3 Tujuan Penelitian.....	4
I.4 Manfaat Penelitian.....	4
I.5 Batasan Masalah.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
II.1 Air Permukaan .....	5
II.2 Daerah Aliran Sungai Kreung Aceh .....	6
II.3 Dampak Pencemaran Sungai Terhadap Kesehatan.....	7
II.4 Parameter Kualitas Air.....	8
II.4.1 Potential Hydrogen (pH) .....	8
II.4.2 <i>Secchi Disk</i> .....	9
II.4.3 Kekeruhan (Turbiditas) .....	9
II.4.4 <i>Total Dissolved Solid (TDS)</i> .....	10

II.5 <i>Drone/ UAV Wing</i> untuk <i>Mapping</i> .....	10
II.5.1 Jenis-jenis <i>UAV / Drone</i> .....	12
II.5.2 Ragam Peta <i>Drone</i> .....	13
II.5.3 Perencanaan Terbang .....	15
II.5.4 Kondisi Lapangan .....	15
II.5.5 Rute Penerbangan.....	16
II.5.6 Otomatis atau Manual .....	16
II.5.7 Sensor .....	17
II.6 Titik Kontrol Tanah dan Georeferensi .....	17
II.7 Sistem Informasi Geografis (SIG) .....	19
II.8 Koefisien Korelasi.....	19
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>21</b>
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	21
III.2 Tahapan Penelitian.....	22
III.3 Alat dan Bahan .....	23
III.4 Teknik Pengumpulan Data .....	24
III.4.1 Alur Pengolahan Data .....	24
III.4.2 Pengambilan Data <i>Drone</i> .....	25
III.4.3 Pengukuran Data Lapangan .....	25
III.4.4 <i>Potential Hydrogen</i> (pH) .....	26
III.4.5 Kekeruhan (NTU) .....	27
III.4.6 <i>Secchi Disk</i> .....	29
III.4.7 <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS).....	29
III.5 Akuisisi Data RGB.....	30
III.6 <i>Normalized Difference Turbidity Index</i> (NDTI).....	31
III.7 Analisis Statistik .....	31

III.7.1 Analisis Korelasi.....	31
III.7.2 <i>Root Mean Squared Error</i> (RMSE).....	32
III.7.3 Regresi Linear.....	32
III.8 Waktu Penelitian.....	34
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>35</b>
IV.1 Analisis Data <i>In-situ</i> .....	35
IV.2 Analisis Citra Drone .....	37
IV.3 Analisis Korelasi Matrik.....	40
IV.4 Model Regresi.....	<b>42</b>
IV.4.1 Model Regresi TDS .....	43
IV.4.2 Model Regresi Turbiditas .....	43
IV.4.3 Model Regresi <i>Secchi Disk</i> .....	44
IV.4.4 Model Regresi pH.....	45
IV.5 Peta Parameter Kualitas Air .....	46
IV.5.1 Peta Parameter TDS.....	47
IV.5.2 Peta Parameter Turbiditas.....	48
IV.5.3 Peta Parameter <i>Secchi Disk</i> .....	50
IV.5.4 Peta Parameter pH .....	51
IV.5.5 <i>Peta Normalized Difference Turbidity Index</i> (NDTI) .....	53
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>55</b>
V.1 Kesimpulan .....	55
V.2 Saran .....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>62</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Siklus Air Permukaan.....	5
Gambar II. 2 Foto Udara dengan UAV.....	12
Gambar II. 3 (a) <i>Drone Fixed-wing</i> (b) <i>Drone Rotary-wing</i> .....	13
Gambar II. 4 Peta 2D hasil pengolahan data UAV.....	14
Gambar II. 5 Ragam Peta : (a) <i>Digital elevation</i> (b) <i>NDVI</i> (c) <i>Thermal</i> .....	15
Gambar II. 6 <i>Ground Control Point</i> .....	18
Gambar III. 1 Peta lokasi pengambilan sampel .....	21
Gambar III. 2 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	22
Gambar III. 3 Diagram alur Pengolahan data .....	24
Gambar III. 4 Gayung .....	26
Gambar III. 5 pH meter .....	27
Gambar III. 6 Turbidimeter.....	28
Gambar III. 7 <i>Secchi Disk</i> .....	29
Gambar III. 8 TDS Meter.....	30
Gambar IV. 1 Hasil foto udara menggunakan Drone .....	38
Gambar IV. 2 Citra udara Sungai Krueng Aceh .....	39
Gambar IV. 3 Model Regresi TDS Prediksi dan TDS Observasi .....	43
Gambar IV. 4 Model Regresi Turbiditas Prediksi dan Turbiditas Observasi .....	44
Gambar IV. 5 Model Regresi <i>Secchi Disk</i> Prediksi dan <i>Secchi Disk</i> Observasi.....	45
Gambar IV. 6 Model Regresi pH Prediksi dan pH Observasi .....	46
Gambar IV. 7 Peta Kualitas Air TDS.....	47
Gambar IV. 8 Peta Kualitas Air Turbiditas.....	49
Gambar IV. 9 Peta Kualitas Air <i>Secchi Disk</i> .....	50
Gambar IV. 10 Peta Kualitas Air pH .....	52
Gambar IV. 11 Peta <i>Normalized Difference Turbidity Index (NDTI)</i> .....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Karakteristik umum yang dimiliki oleh air permukaan.....	6
Tabel II. 2 Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya .....	8
Tabel II. 3 Nilai interpretasi korelasi antar dua variabel yaitu sebagai berikut. ....	20
Tabel III. 1 Alat dan bahan dalam penelitian ini.....	23
Tabel III. 2 Uraian Kegiatan Penelitian .....	34
Tabel IV. 1 Analisis Parameter Kualitas Air .....	35
Tabel IV. 2 Band/kanal RGB hasil citra udara menggunakan Drone .....	40
Tabel IV. 3 Korelasi Matrik Data RGB dan Parameter Kualitas Air.....	41
Tabel IV. 4 Persamaan Model Regresi Linear .....	42



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran. 1 Hasil Analisis Parameter Kualitas Air.....	62
Lampiran. 2 Pengolahan Data Drone Menggunakan Agisoft .....	65
Lampiran. 3 Langkah-langkah Medapatkan Data RGB.....	66
Lampiran. 4 Hasil Analisis Citra Udara.....	66
Lampiran. 5 Analisis Perhitungan Nilai RMSE.....	70
Lampiran. 6 Pengolahan Peta Kualitas Air .....	73
Lampiran. 7 Dokumentasi Pengambilan Sampel .....	74
Lampiran. 8 Dokumentasi Analisis Laboratorium.....	76
Lampiran. 9 Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 .....	78



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.I Latar Belakang**

Daerah Aliran Sungai (DAS) Krueng Aceh terdiri dari beberapa sub DAS, yaitu sub Das Sungai Krueng Aneuk, Krueng Jreu, Krueng Keumireu, Krueng Khea, dan Krueng Seulimeum. DAS Krueng Aceh merupakan salah satu dari DAS di Provinsi Aceh. Sungai Krueng Aceh yang merupakan bagian dari DAS Krueng Aceh berperan penting bagi kehidupan. Misalnya untuk sumber air bersih Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM), sektor industri, permukiman, perikanan, perkebunan, dan untuk mengairi lahan pertanian di desa-desa Banda Aceh dan Aceh Besar.

Pencemaran sungai tidak dapat dihindari seiring dengan perkembangan suatu wilayah, tidak terkecuali Sungai Krueng Aceh. Pencemaran membuat sungai menjadi terkontaminasi dan kehilangan fungsinya. Tingginya aktivitas Sungai Krueng Aceh seperti kegiatan nelayan, pelabuhan, galian C, perhotelan, kegiatan pasar, permukiman, perikanan, pertanian dan tempat wisata. Sehingga menyebabkan banyaknya limbah domestik pada lingkungan sekitar sungai dan mempengaruhi kejernihan sungai serta meningkatnya nilai konsentrasi *Total dissolved solid (TDS)* (Setianto & Fahritsani, 2019). Berdasarkan hasil pemantauan dan pengukuran kekeruhan yang dilakukan 2 (dua) kali dalam setahun, didapat hasil kekeruhan pada Sungai Krueng Aceh sebesar 20,6 NTU pada bulan Juni dan 40,8 NTU pada bulan November. Kekeruhan ini disebabkan oleh adanya material-material yang berupa bahan organik dan anorganik yang masuk dari sungai-sungai yang bermuara di Sungai Krueng Aceh (Nurmalita & Syukri, 2013).

Dibeberapa tempat, dampak pencemaran sungai telah mengakibatkan terjadinya penumpukan sampah di badan sungai, timbulnya berbagai penyakit disebabkan mikroba pathogen yang berkembang biak di air sungai yang tercemar. Selain itu, berkurangnya ketersediaan air bersih, kekurangan oksigen dan pencahayaan masuk

akibat sedimentasi menyebabkan berkurangnya produksi ikan di sungai (Firmansyah dkk., 2021).

Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia No. P.61/Menhut-II/2014 tentang *Monitoring* dan Evaluasi Pengelolaan DAS, yang menggunakan berbagai indikator kinerja DAS, meliputi komponen biofisik, hidrologis, sosial ekonomi, investasi bangunan dan pemanfaatan ruang wilayah DAS.

Mengingat pentingnya Sungai Krueng Aceh bagi kehidupan masyarakat, maka *Monitoring* Sungai Krueng Aceh sangat penting dilakukan. Kegiatan ini dilakukan terutama sekali untuk memantau kualitas air sungai. Ada berbagai macam metode, teknologi, dan instrumen, yang dapat digunakan untuk memonitor kualitas air. Salah satu metode yang sering digunakan untuk memonitor kualitas air adalah dengan teknologi penginderaan jauh (Syahreza dkk., 2011). Penginderaan jauh merupakan suatu cara pengamatan objek tanpa menyentuh objek secara langsung. Sistem ini dapat mencakup suatu area yang luas dalam waktu bersamaan, selain itu sistem ini relatif lebih murah dibandingkan dengan *monitoring* secara langsung. Penginderaan jauh dapat digunakan untuk memetakan kekeruhan air secara cepat untuk wilayah yang luas (Bidayah, 2014).

Metode penginderaan jauh satelit sudah diaplikasikan dalam berbagai bidang. Ada banyak organisasi dan lembaga baik pemerintah maupun profesional yang menyediakan data atau citra satelit dengan resolusi yang sangat tinggi di berbagai wilayah. Data dan citra ini sangat bermanfaat untuk mengkaji permasalahan lingkungan. Namun data dan citra ini tidak dapat dipasarkan secara bebas tetapi berbayar dengan harga relatif mahal. Selain itu, tidak semua citra yang melingkupi wilayah tertentu yang kita butuhkan tersedia dalam resolusi yang tinggi. Oleh karena itu, untuk mengatasi kelemahan penginderaan jauh satelit optik tersebut, maka pengaplikasian teknologi *Drone* saat ini sudah berkembang pesat (Zuhary dkk., 2021).

*Drone* atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) merupakan perkembangan dari teknologi dalam bidang pemetaan, dimana pesawat tanpa awak yang dipadukan



dengan teknologi *Geographic Information System* (GIS) dimanfaatkan untuk memetakan suatu wilayah baik daratan maupun perairan. Untuk memonitor daratan, *Drone* digunakan untuk memetakan suatu lahan dan pertanian, sedangkan wilayah perairan *Drone* digunakan untuk memonitor kualitas air. Kualitas air merupakan istilah yang menggambarkan kesesuaian atau kecocokan air untuk penggunaan tertentu, misalnya air minum, perikanan, industri, pertanian dan sebagainya. Kualitas air dapat diketahui dengan melakukan pengujian parameter terhadap air sungai. Pengujian kualitas air dilakukan dengan parameter kimia, fisik, biologi atau uji kenampakan (bau dan warna) (Lambers dkk., 2007).

Kajian Casella dkk, (2017) menunjukkan bahwa foto udara resolusi tinggi yang dihasilkan dengan survey *Drone*, dapat diulang secara time series sehingga perubahan pada perairan penutupan karang atau terjadinya fenomena tertentu seperti periode pemutihan karang dapat dideteksi dan dihubungkan informasinya terhadap perubahan morfologi karang.

Kajian Schaub dkk, (2018) menunjukkan bahwa aplikasi *Drone* dengan survei *insitu* dapat memperoleh informasi tentang biomassa di Danau Smiths, Australia. Kajian tersebut menghasilkan band RGB yang di *orthomosaic* menjadi data citra *Drone*.

Berdasarkan permasalahan diatas oleh karenanya dalam penelitian ini, saya akan menggunakan teknologi penginderaan jauh berbasis *Drone* untuk memonitoring kualitas air di Sungai Krueng Aceh. Selain itu, supaya data akurat, saya juga mengukur beberapa data *in-situ*. Pengambilan data lapangan dilakukan pada empat parameter kualitas air, yaitu pH, kekeruhan (NTU), *Secchi Disk* dan *Total Dissolved Solid* (TDS). pH dan *Secchi Disk* diukur secara *insitu* sedangkan TDS dan Turbiditas diukur di laboratorium.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Adapun yang menjadi rumusan masalah pada penelitian ini yaitu:

1. Bagaimanakah monitoring kualitas air menggunakan teknologi *Drone*?

2. Bagaimanakah korelasi antara band/kanal sensor kamera digital berbasis *Drone* dengan parameter kualitas air, seperti pH, kekeruhan (NTU), *Secchi Disk*, dan *Total Dissolved Solid* (TDS)?
3. Bagaimanakah model regresi pendeteksian kualitas air?

### **I.3 Tujuan Penelitian**

Adapun yang menjadi tujuan dalam penelitian penelitian ini yaitu:

1. Untuk mengetahui cara penggunaan teknologi *Drone* untuk memonitoring kualitas air.
2. Untuk mengetahui seberapa kuat hubungan antara band/kanal kamera digital berbasis *Drone* dengan parameter kualitas air.
3. Untuk mengetahui model regresi pendeteksian kualitas air.

### **I.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian yaitu dapat mempermudah dalam melakukan memonitoring kualitas air permukaan Sungai Krueng Aceh dan pemetaan menggunakan aplikasi teknologi *Drone*, dan mendapatkan hasil yang relevan, rendah biaya, serta mendapatkan gambar yang lebih baik tanpa terkendala terhadap tutupan awan.

### **I.5 Batasan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan maka peneliti memfokuskan penelitian pada pemetaan sungai Krueng Aceh, Pengujian parameter sumber daya air permukaan yang digunakan terhadap sungai Krueng Aceh, dilakukan hanya mengukur parameter kualitas air, seperti pH, kekeruhan (NTU), *Secchi Disk* dan *Total Dissolved Solid* (TDS).

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Air Permukaan

Air permukaan berasal dari hujan yang jatuh ke permukaan tanah, ada yang menguap dan ada pula yang mengalir ke Daerah Aliran Sungai (DAS), saluran air yang mengalir sebagian disimpan di dalam rawa, danau, dan waduk (Soegianto, 2004). Secara umum, air merupakan kebutuhan dasar semua makhluk hidup seperti manusia, hewan dan tumbuhan. Kebutuhan air bersih diperoleh dari sumber air permukaan, salah satunya adalah Sungai Krung Aceh.

Air adalah salah satu sumber daya alam yang sangat penting, sebagaimana manusia sangat bergantung terhadap air permukaan, dan untuk memajukan kesejahteraan bagi kehidupan, sehingga salah satu faktor penting dalam pembangunan. Oleh karena itu, demi generasi sekarang dan yang akan datang, sangat penting untuk mengelola kualitas air secara efektif, mengurangi pencemaran air, dan diperlukan pelestarian pemanfaatan air. Faktor yang dapat merusak kualitas air yaitu bencana alam (PP No 82 TAHUN 2001).



**Gambar II. 1** Siklus Air Permukaan  
Sumber : Soegianto (2004)

**Tabel II. 1** Karakteristik umum yang dimiliki oleh air permukaan

<b>Karakteristik</b>	<b>Air permukaan</b>
Temperatur	Bervariasi dengan musim/iklim
Turbiditas	Bervariasi, kadang tinggi
Warna	Terutama akibat <i>suspended solid</i> (lempung, algae) kecuali pada air yang sangat lunak dan asam
Kandungan mineral	Bervariasi dengan tanah, hujan dan lain-lain.
Fe dan Mn dalam urutan	Biasanya tidak ada, kecuali dibagian dasar
CO <sub>2</sub> agresif	Tidak ada
Oksigen terlarut	Sering dekat jenuh, tidak ada dalam air tercemar
H <sub>2</sub> S	Tidak ada
NH <sub>4</sub>	Ditemui pada air tercemar
Silika	Rendah
Mikropolutan organik	Ada

Sumber : Soegianto (2004)

## II.2 Daerah Aliran Sungai Kreung Aceh

Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 52 /Kpts-II/ 2001 tentang pedoman pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS), Balai Wilayah Sungai (BWS) Sumatra menyatakan pada tahun 2021, Krueng Aceh memiliki luas Daerah Aliran Sungai (DAS)  $\pm 1.755 \text{ Km}^2$  dengan panjang  $\pm 145 \text{ Km}$  yang dapat mengalirkan debit banjir sebesar  $\pm 1.300 \text{ m}^3/\text{detik}$  yang melintasi Kabupaten Aceh Besar dan Kota Banda Aceh dan bermuara di Selat Malaka mengalir melalui Kota Banda Aceh, memuat pengertian DAS, tata lahan kawasan ini secara keseluruhan menyatu dengan aliran sungai dan anak-anak sungainya yang melintasi kawasan tersebut, perannya sangat penting sebagai tempat penampungan air yang bersumber dari hujan kemudian mengalirkannya melalui sungai utamanya (*single outlet*).

DAS Krueng Aceh adalah salah satu DAS yang berada di provinsi Aceh. DAS tersebut merupakan sumber air permukaan yang sangat berpengaruh terhadap penduduk Kota Banda Aceh dan Aceh Besar. Saat ini, kondisi tutupan lahan ditanami hutan primer dikawasan DAS Krueng Aceh yang semakin berkurang luasnya dari tahun ke tahun, hasil penelitian (Nasrullah & Kartiwa, 2010) menyatakan pada tahun 1994 kawasan hutan primer di DAS Krueng Aceh terdapat seluas 112.776 ha (57%). Husnan (2010) menambahkan bahwa tahun 2002 menjadi seluas 94.178 ha (47.6%) dan tahun 2005 hutan primer tersisa seluas 79.141 ha atau sebesar 40%. Hasil penelitian terakhir yang dilakukan Yayasan Leuser Internasional (YLI) menyatakan bahwa luas hutan primer pada tahun 2010 tersisa seluas 31.812 ha atau 16,07% dari luas DAS Krueng Aceh (Darwin dkk., 2021).

### **II.3 Dampak Pencemaran Sungai Terhadap Kesehatan**

Meningkatnya kegiatan pembangunan berisiko mengakibatkan pencemaran dan merusak lingkungan, sehingga mengganggu peran ekosistem dan tidak berfungsi sebagaimana peruntukannya. Hal ini berdampak pada keberadaan sumber daya air yang kualitasnya menurun akibat pencemaran air dari kegiatan pembuangan limbah secara bebas ke sungai terutama limbah cair. Air sebagai unsur sumber daya alam dan sangat berpengaruh yang harus dimanfaatkan sebaik mungkin untuk kemakmuran masyarakat, sesuai dengan yang tercantum dalam Pasal 33 Undang-undang Dasar 1945 Amandemen. Ketika pencemaran terjadi, baik lingkungan sekitar biotik, abiotik, maupun lingkungan sosial berdampak mengurangi peruntukan fungsinya. Hal ini berdampak besar bagi kesehatan lingkungan sekitar, dengan banyaknya organisme, biota, flora dan fauna yang dirugikan atau bahkan mati disebabkan oleh pencemaran sungai.

Selain itu, aktivitas pabrik atau industri, dapat merugikan lingkungan sekitarnya seperti pembuangan limbah organik maupun anorganik secara bebas ke sungai, pembuangan sampah secara sembarangan di sungai, dan pembuangan sisa bekas cuci pakaian dengan deterjen yang dialirkan ke sungai. Dampak dari pencemaran

sungai terhadap masyarakat dapat mengurangi kesehatan lingkungan yang ada disekitar sungai. Seperti air kotor, berwarna, dan mengeluarkan bau serta dapat menjadi indikasi bahwa sungai tersebut telah tercemar sehingga akan menimbulkan polusi terhadap masyarakat sekitar. Selain itu, dengan adanya pencemaran sungai tersebut dapat menimbulkan beberapa penyakit, seperti gangguan pernapasan, gangguan pencernaan dan penyakit kulit lainnya (Puspitasari, 2009).

## II.4 Parameter Kualitas Air

Berdasarkan baku mutu air yang terdapat diperaturan pemerintah republik (PP 22 Tahun 2021,) tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Parameter yang digunakan untuk memantau dan mengetahui kualitas air sungai dibagi menjadi parameter fisika, kimia, dan biologi. Parameter fisik terdiri dari kecerahan (*Secchi Disk*), *Total Dissolved Solid* (TDS), suhu, rasa, kekeruhan, warna dan bau.

**Tabel II. 2** Baku Mutu Air Sungai dan Sejenisnya

NO	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1	Padatan terlarut total (TDS)	mg/l	1.000	1.000	1.000	2.000	Tidak berlaku untuk muara
2	Derajat keasaman (pH)	-	6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya) Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air
3	Suhu	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	
4	Kecerahan	m	10	4	2,5	-	-
5	Kekeruhan	NTU	25	25	25	25	-

Sumber: Lampiran VI PP 22 Tahun 2021.

### II.4.1 Potential Hydrogen (pH)

Potential Hydrogen atau biasa disebut pH adalah logaritma aktivitas ion hidrogen yang terlarut (yang terlepas dalam suatu cairan). Ion dengan konsentrasi yang sama berasal dari proses asosiasi air murni (H<sub>2</sub>O) secara sempurna dalam

kondisi sebagaimana pH netral air adalah 7 (tujuh). Jika konsentrasi ion semakin tinggi, maka konsentrasi ion akan semakin rendah pula dengan  $\text{pH} < 7$ , maka dapat dikatakan perairan mempunyai sifat asam. Jika pada suatu perairan mempunyai jumlah oksigen terlarut yang rendah sehingga kebutuhan oksigen pun menurun, hal tersebut diakibatkan oleh kondisi pH air yang sangat rendah. Hal sebaliknya perairan akan bersifat basa (alkali) apabila konsentrasi ion tinggi dan  $\text{pH} > 7$ . Faktor lainnya yang mempengaruhi pH yaitu adanya jumlah penyangga (buffer) yang mempunyai kandungan garam karbonat dan bikarbonat akan mempengaruhi derajat keasaman (pH) (Widiadmoko, 2013).

#### **II.4.2 Secchi Disk**

Kecerahan adalah tingkat kejernihan suatu perairan dapat dilihat secara visual dengan menggunakan piringan berwarna hitam putih yaitu *Secchi Disk*. Jika kecerahan perairan bisa dilihat maka dapat diketahui sampai dimana kemungkinan terjadinya proses asimilasi pada suatu perairan, tingkatan mana paling keruh, dan tidak keruh. Suatu perairan yang menunjukkan tingkat kejernihan yang rendah dalam cuaca normal, bisa memberikan indikasi banyaknya partikel tersuspensi dalam suatu perairan tersebut (Hamuna dkk., 2018). Kurangnya kecerahan dapat disebabkan oleh hujan atau efek limbah industri, yang sangat dekat dengan objek penelitian (Silalahi dkk., 2017).

#### **II.4.3 Kekeruhan (Turbiditas)**

Air yang memiliki kandungan banyak partikel tersuspensi di dalamnya akan mengakibatkan kondisi air menjadi kotor atau keruh. Tingkat kekeruhan (*Turbiditas*) dalam air merupakan suatu aspek yang harus diperhatikan, karena menyangkut dengan baiknya kondisi air tersebut. kekeruhan merupakan kondisi saat transparansi sebuah zat cair akan mengalami pengurangan yang diakibatkan adanya kemunculan zat lain. Zat-zat lainnya ini dapat berasal melalui bahan-bahan anorganik/organik (Rasyid dkk., 2013).

Terdapatnya zat-zat terlarut dalam air membuatnya menjadi keruh atau tidak jernih. Kekeruhan pada air terjadi karena pada dasarnya disebabkan oleh adanya zat-zat koloid yang merupakan zat mengambang. Kekeruhan menyebabkan air menjadi berkabut atau mengurangi permeabilitas air, sehingga secara estetika sangat mengganggu. Arah sinar yang dipancarkan berubah ketika cahaya bertabrakan dengan partikel di dalam air (Faisal dkk., 2016). Turbiditas atau kekeruhan air dapat diketahui dengan menggunakan alat *Turbidimeter*.

#### **II.4.4 Total Dissolved Solid (TDS)**

*Total dissolved solid* (TDS) merupakan suatu benda padat yang terlarut baik organik maupun anorganik. TDS dalam air berasal dari bahan organik seperti plankton, lumpur, kotoran dan limbah industri. Sumber anorganik berasal dari batuan dan udara yang mengandung nitrogen, kalsium bikarbonat, sulfur, fosfor dan mineral lainnya (Sagala, 2019). Standar baku mutu penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, kadar maksimum TDS 1000 mg/L.

#### **II.5 Drone/ UAV Wing untuk Mapping**

Pemetaan menggunakan *Drone* adalah sebuah aktivitas untuk mendapatkan sebuah peta wilayah dengan gambar yang dihasilkan *Drone* (*Fotogrametri*). Pemetaan menggunakan *Drone* mulai populer pada tahun 2016, sampai hari ini *Drone* menjadi populer di kalangan para mapper. Fotogrametri adalah suatu metode pemetaan objek-objek/ruang dipermukaan bumi (geo-spasial) yang menggunakan foto udara sebagai media. Dimana dilakukan penafsiran objek dan pengukuran geometri untuk selanjutnya, secara umum fotogrametri merupakan teknologi geo-informasi dengan memanfaatkan data geo-spasial yang diperoleh melalui pemotretan udara. Proses ini menghasilkan peta *Orthophoto Mosaic* (*mapping* foto), produk ini masih dapat dikembangkan lagi menjadi peta garis/peta topografi yang detail dengan skala yang diinginkan. Keunikan fotogrametri adalah dapat melakukan pengukuran objek atau pemetaan daerah tanpa kontak langsung atau dengan kata lain tanpa perlu



menjejakan kaki pada daerah tersebut. Berdasarkan definisi tersebut, fotogrametri dapat mencakup dua bidang yaitu fotogrametri metric dan fotogrametri interpretative (Wolf, 1993).

*Fotogrametri* terbagi menjadi dua bagian yaitu *fotogrametri metric* dan *interpretative* :

1. *Fotogrametri metric* terdiri dari pengukuran cermat berdasarkan foto dan sumber informasi lain yang pada umumnya digunakan untuk menentukan lokasi relative dari titik-titik. Dengan demikian dimungkinkan untuk memperoleh ukuran jarak sudut, luas, volume, elevasi, ukuran dan bentuk objek.
2. *Fotogrametri interpretative*, yaitu mempelajari pengenalan dan identifikasi objek serta menilai arti pentingnya objek tersebut melalui suatu analisis. Dalam hal fotogrametri pengolahan data hasil rekaman dan informasi yang didapat, baik dari citra fotografik maupun dari non fotografik dimaksudkan untuk pemetaan rupa bumi serta pembentukan basis data. Pada dasarnya penggunaan fotogrametri ini adalah agar mendapatkan hasil yang akurat dalam proses pembentukan peta melalui foto udara sehingga menghasilkan data dan informasi yang dapat dimanfaatkan bagi keperluan rekayasa, survey dan pemetaan.

UAV pesawat tanpa awak, dikenal juga dengan sebutan *Drone*. Penerbangan UAV dapat dikontrol secara *autonomous* oleh komputer didalamnya (autopilot), *semiautonomous*, atau dikendalikan dengan remote control oleh seorang navigator atau pilot di atas tanah. Pesawat dengan model ini dilengkapi dengan berbagai sensor fotogrametri yang biasa digunakan untuk pesawat berawak. Sensor yang biasa digunakan adalah kamera metric, video dan sistem kamera yang sangat canggih seperti inframerah, sistem *Light Detection and Ranging* (LIDAR) udara, atau kombinasi keduanya. UAV dapat terbang rendah dengan ketinggian dibawah awan. Tinggi terbang UAV dapat diatur sesuai dengan keinginan dan kebutuhan. UAV juga dapat dimanfaatkan untuk misi yang berbahaya jika dilakukan oleh pesawat udara

tanpa awak (Wallace dkk., 2012). Foto udara dengan UAV dapat dilihat pada **Gambar 2.2**



**Gambar II. 2** Foto Udara dengan UAV  
Sumber: Wallace (2012)

### II.5.1 Jenis-jenis UAV / Drone

UAV dapat dibedakan menjadi 2 jenis yaitu *fixed-wing* dan *rotary-wing*.

#### a. *Fixed-wing*

*Drone fixed-wing* merupakan UAV yang memiliki bentuk sayap tetap atau tidak bergerak. Biasanya sayap ini dibuat dalam bentuk airfoil yang telah dirancang sedemikian rupa untuk menyediakan daya angkat yang dibutuhkan, terutama ketika pesawat ini mencapai laju kecepatan tertentu. Pesawat mendapatkan thrust dari gaya dorong motor yang menerpa bagian sayap yang memiliki bentuk airfoil tertentu dari depan sampai belakang sehingga menghasilkan gaya angkat (Wang & Li, 2008).

#### b. *Rotary-wing*

*Drone rotary-wing* merupakan UAV yang memiliki sayap yang bergerak atau berputar atau baling-baling sehingga menghasilkan gaya angkat. Pergerakan pesawat diatur melalui perubahan sudut serang posisi baling-baling.

Berikut adalah contoh *fixed-wing* dan *rotary-wing* dapat dilihat pada **Gambar II.3**



**Gambar II. 3** (a) *Drone Fixed-wing* (b) *Drone Rotary-wing*  
Sumber : Wang (2008)

### II.5.2 Ragam Peta Drone

Peta yang dapat dihasilkan oleh *Drone* sama halnya jenis peta seperti peta 2 (dua) dimensi dan 3 (tiga) dimensi, *digital elevation model*, *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dan peta *thermal*. Proses yang dilakukan untuk menghasilkan peta dengan *Drone* adalah proses fotogrametri, yaitu proses pengambilan data dan pengukuran melalui foto-foto udara secara langsung di lapangan. Selanjutnya dilakukan pengolahan data untuk menghasilkan peta, yang paling umum adalah peta 2 (dua) dimensi yang menghasilkan foto-foto yang diambil oleh pesawat tanpa awak. Peta ini pada dasarnya dihasilkan melalui foto-foto yang berkesinambungan sehingga menjadi sebuah gambar. Ada dua hal utama yang harus dilakukan agar hasil foto udara berupa mosaik dapat memberikan arti geometrik. Pertama adalah koreksi geometri sedemikian rupa sehingga foto-foto udara yang dihasilkan dapat dieliminasi (*orthorectified*) dan memiliki skala yang sama untuk menghasilkan *orthomosaics*. Kedua adalah koordinat pada titik-titik kontrol yang sama sehingga semua titik yang ada pada foto memiliki koordinat yang sama. Untuk

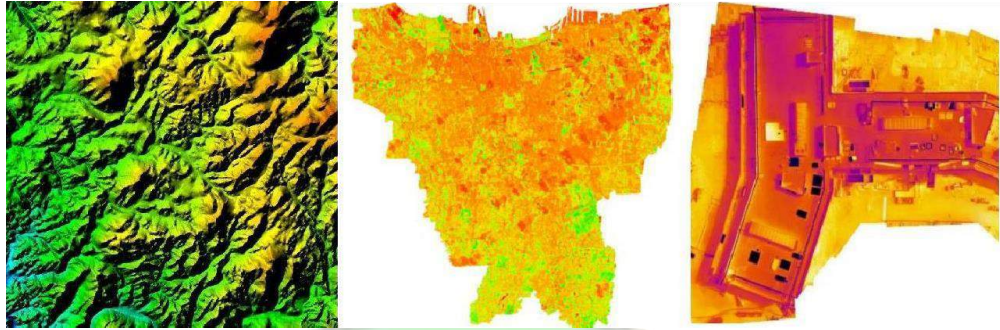
itu perlu disiapkan titik-titik kontrol yang akurat di atas tanah yang dapat dengan mudah diidentifikasi di dalam citra foto.



**Gambar II. 4** Peta 2D hasil pengolahan data UAV  
Sumber : Zhang (2011)

Teknologi pesawat tanpa awak ini dapat menghasilkan peta 3D. Peta 3D dihasilkan karena adanya bantuan perangkat lunak untuk pemrosesan citra tiga dimensi. Dengan peta 3D kita bisa lebih terbantu secara visual melihat situasi lapangan dan menganalisa bentuk-bentuk spasial yang terkait dengan elevasi.

Peta 3D dengan *Digital Elevation Model* (DEM) memiliki perbedaan adalah bahwa DEM hanya mempresentasikan bentuk muka buminya saja. Dengan kata lain bangunan, vegetasi dan aspek-aspek elevasi buatan manusia dihilangkan pada peta DEM. Kegunaan kedua jenis peta ini adalah hal yang terkait pada perhitungan, analisa elevasi dan volume. Peta *thermal* dapat dihasilkan oleh *Drone* yang dilengkapi dengan kamera dan dapat diatur penggunaannya untuk merekam data radiasi panas permukaan bumi pada spektrum inframerah *thermal* (Zhang dkk., 2011).



**Gambar II. 5** Ragam Peta : (a) *Digital elevation* (b) *NDVI* (c) *Thermal*  
 Sumber : Zhang dkk (2011)

### II.5.3 Perencanaan Terbang

Jalur terbang merupakan kunci keberhasilan misi pemotretan udara. Penentuan jalur terbang mempertimbangkan efektivitas terbang *Drone* dalam menghadapi arah dan kecepatan angin yang dipadukan dengan berbagai parameter saat terbang, seperti tinggi terbang, besar tampilan foto udara, dan jarak tempuh *Drone*.

### II.5.4 Kondisi Lapangan

Sebelum *Drone/UAV* diterbangkan, kita harus menganalisis dan memastikan kondisi lapangan yang hendak difoto dengan cermat. Pesawat udara tanpa awak tidak boleh dioperasikan di kawasan udara terlarang (*prohibited area 1*), kawasan udara terbatas (*restricted area 2*), dan Kawasan Keselamatan Operasi Penerbangan (KKOP) suatu bandara udara. Hal-hal penting yang harus dicek sebelum penerbangan adalah ketinggian pohon dan tiang-tiang yang ada, relief permukaan bumi, jaringan listrik, televisi dan kabel yang terpasang. Hal tersebut dapat diperiksa melalui survei langsung maupun melalui peta satelit ataupun peta topografi yang tersedia.

Selain itu informasi tentang cuaca setempat perlu dijadikan pedoman untuk menentukan waktu penerbangan sehingga proses pemotretan dapat berlangsung dengan aman. Arah terbang juga mempengaruhi rencana terbang maka, disesuaikan dengan arah datang angin dan jarak tempuh maksimum pesawat. Pertimbangan yang digunakan adalah angin yang datang dari depan (*head wind*) akan menambah beban

*Drone*, sedangkan angin yang datang dari belakang (*tail wind*) akan mendorong *Drone* sehingga rawan terbang terlalu cepat. Oleh karena itu, angin diupayakan dari arah samping (*crossi wind*). Bentuk *Area of Interest* (AOI) yang tidak kompak akan membuat arah jalur terbang berubah dengan selisih yang cukup besar, yaitu ketika arahnya diubah. Oleh karena itu, selain mempertimbangkan angin, arah jalur terbang dan jarak tempuh juga harus dipertimbangkan.

### II.5.5 Rute Penerbangan

Setelah daerah rencana pemetaan dan cuaca pada lokasi pemetaan diperiksa. Selanjutnya dilakukan pembuatan rute penerbangan menggunakan *Dronedeploy*. Hal-hal yang perlu direncanakan dengan baik terkait rute penerbangan adalah sebagai berikut:

- a. Garis *transect*, yaitu garis-garis paralel yang menggambarkan pola penerbangan.
- b. *Waypoints*, yaitu titik-titik koordinat yang menjadi pedoman pada garis transect.
- c. Ketinggian terbang atau elevasi dari *Drone*-nya.
- d. Jarak antar foto yang terkait dengan persentase pertampilan (*overlap*) antar foto dan jumlah foto yang akan diambil.
- e. Perangkat lunak yang digunakan untuk mendesain rute penerbangan dan memonitornya.

Setelah semua hal di atas direncanakan dengan baik dan aman, kemudian *Drone/UAV* diterbangkan untuk misi pemetaan. Pada saat penerbangan pilot dengan bantuan perangkat lunak dapat memantau dari layar monitor gadgetnya dan melihat data-data penerbangan seperti status posisi *Drone*, GPS, *ground signal* dan *baterai*.

### II.5.6 Otomatis atau Manual

Penerbangan pesawat tanpa awak atau *Drone* dapat dilakukan secara otomatis atau secara manual, ataupun secara *hybrid* (campuran antara otomatis dan manual).

Keputusan untuk melakukan penerbangan sebaiknya diambil berdasarkan pertimbangan logis dan pengalaman si pilot terkait situasi kawasan dan tujuan pemetaan. Untuk survei dan pemetaan yang memerlukan respon segera (*real time*) seperti untuk tujuan inspeksi maka kontrol manual menjadi pilihan yang lebih tepat. Namun untuk survei dan pemetaan biasa yang dapat dilaksanakan secara sistematis untuk menghasilkan peta situasi, maka pilihan kontrol otomatis adalah yang lebih cocok. Pilihan *hybrid* perlu dilaksanakan pada saat-saat terjadi perubahan yang menuntut kontrol diubah dari otomatis menjadi manual, ataupun sebaliknya.

### II.5.7 Sensor

Sensor utama yang dipasang di *Drone* adalah tentunya kamera. Kamera yang digunakan umumnya adalah kamera ringan yang dapat diprogram untuk memotret dengan interval waktu atau jarak yang reguler dan dapat dikontrol dari jauh. Kamera yang memiliki fungsi GPS secara internal adalah lebih disukai sehingga dapat memotret pada titik-titik (*waypoints*) yang direncanakan. Peralatan khusus lain yang dapat dipasang di UAV adalah sensor LIDAR (*Light Detection and Ranging*), kamera inframerah untuk pemetaan *thermal*, dan sensor sampel udara. Pemasangan kamera secara tepat akan mempengaruhi kestabilan foto-foto yang diambil. Pemasangan secara gimbal biasanya disukai karena simpel dan cocok digunakan untuk pemakaian dengan satu atau dua sudut pemotretan (Wallace dkk., 2012).

### II.6 Titik Kontrol Tanah dan Georeferensi

*Input Ground Control Point (GCP)* dilakukan untuk memberikan referensi koordinat 3D terhadap hasil operasi *align photo*, sehingga model 3D yang terbentuk dapat diperbaiki kualitas geometriknya dan pada akhirnya mampu menghasilkan DEM dan *orthophoto* yang akurat sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan. Pada umumnya *input Ground Control Point (GCP)* dapat dilewati dalam pemrosesan data hasil *Drone*, karena biasanya kamera yang terinstal di dalam *Drone* mempunyai *built in GPS receiver* yang dapat digunakan sebagai referensi koordinat. *Built in GPS*

*receiver* di kamera *Drone* mempunyai spesifikasi *navigation grade* (akurasi 5 – 25 meter atau lebih), sehingga kurang seimbang dengan ketelitian *orthophoto* yang dihasilkan. Oleh karena itu, untuk memperoleh *orthophoto* yang dapat digunakan untuk pemetaan skala detail dengan baik, kita perlu memasukkan GCP yang diperoleh antara lain dari GPS (sentimeter sampai millimeter). GCP adalah proses penandaan lokasi yang berkoordinat berupa sejumlah titik yang diperlukan untuk kegiatan mengkoreksi data dan memperbaiki keseluruhan citra yang disebut sebagai proses rektifikasi. Citra yang belum dikoreksi geometrik meskipun telah diolah data hasil akuisisi menggunakan *Drone* hanya digunakan sebagai awal persiapan survei untuk menentukan titik persebaran GCP. Citra yang belum terkoreksi geometrik ini perlu dilakukan koreksi dengan cara pemasangan titik koordinat dilapangan (Wolf, 1993). Contoh *Ground Control Point* dapat dilihat pada **Gambar II.6**



**Gambar II. 6** *Ground Control Point*  
Sumber : wolf (1993)

*Georeferensi* adalah sistem koordinat yang kita pakai untuk titik-titik kontrol dan pada gilirannya seluruh titik-titik yang ada pada foto. Pemilihan sistem koordinat ini penting pada saat kita ingin mengaitkan atau mengintegrasikan peta yang kita hasilkan dengan peta-peta lainnya yang memiliki georeferensi, sehingga kompatibel pada saat diproses dalam GIS. Biasanya di Indonesia sistem koordinat yang dipakai *surveyor* adalah *Urchin Tracking Module* (UTM) dengan *ellipsoid* WGS-84.



Pemilihan sistem koordinat ini biasanya dapat *setting* pada alat GPS yang di pasang pada kamera di *Drone*.

## II.7 Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis adalah suatu sistem berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan membuat informasi-informasi geografis. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisis objek-objek dan fenomena-fenomena. Dimana lokasi geografis merupakan karakteristik yang penting atau kritis untuk dianalisis. Dengan demikian, SIG merupakan sistem komputer yang memiliki 4 (empat) kemampuan dalam menangani data yang bereferensi geografis yaitu :

1. Masukan (input) data
2. Keluaran (output) data
3. Manajemen data (penyimpanan dan pemanggilan data)
4. Analisis dan membuat data

SIG terdiri atas empat komponen dasar yaitu data, perangkat lunak (*software*), perangkat keras (*hardware*), dan sumber daya manusia atau pengguna SIG. Perangkat lunak merupakan komponen untuk mengintegrasikan berbagai macam data masukan yang akan diproses dalam SIG. Perangkat keras berupa komputer, yang dilengkapi dengan peralatan *digitasi*, *scanner*, *plotter*, *monitor*, dan *printer*. Sumber daya manusia merupakan pengguna sistem dan yang mengoperasikan *software* maupun *hardware*, serta data yang digunakan untuk diolah maupun dianalisis sesuai kebutuhan. *Software* SIG biasanya mempunyai modul dasar yaitu, (1) masukan (*input*) data, (2) penyimpanan data, (3) keluaran (*output*) data, (4) transformasi data, (5) interaksi dengan pengguna (*inputquery*) (Sitompul, 2021).

## II.8 Koefisien Korelasi

Koefisien korelasi adalah nilai yang menunjukkan kuat atau tidaknya hubungan linier antar dua variabel. Korelasi ini biasa dilambangkan dengan huruf *r*, yang nilainya berada di rentang -1 sampai +1. Nilai *r* yang mendekati -1 atau +1

menunjukkan hubungan yang kuat di antara dua variabel tersebut, sementara nilai  $r$  yang mendekati 0 mengindikasikan hubungan yang lemah. Jika koefisien korelasi menunjukkan hasil positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya, ketika variabel  $x$  tinggi, maka nilai variabel  $y$  akan tinggi pula. Sementara, jika koefisien korelasi negatif, maka kedua variabel memiliki hubungan yang berlawanan. Dimana jika nilai variabel  $x$  tinggi, maka nilai variabel  $y$  justru rendah atau menurun (Cohen & Cohen, 1983).

**Tabel II. 3** Nilai interpretasi korelasi antar dua variabel yaitu sebagai berikut.

NO	Korelasi	Keterangan
1	0,00 - 0,199	Sangat rendah
2	0,20 - 0,399	Korelasi rendah
3	0,40 - 0,599	Korelasi sedang
4	0,60 - 0,799	Korelasi kuat
5	0,80 - 1,00	Korelasi sangat kuat
6	1	Korelasi hubungan sempurna positif
7	-1	Korelasi hubungan sempurna negatif

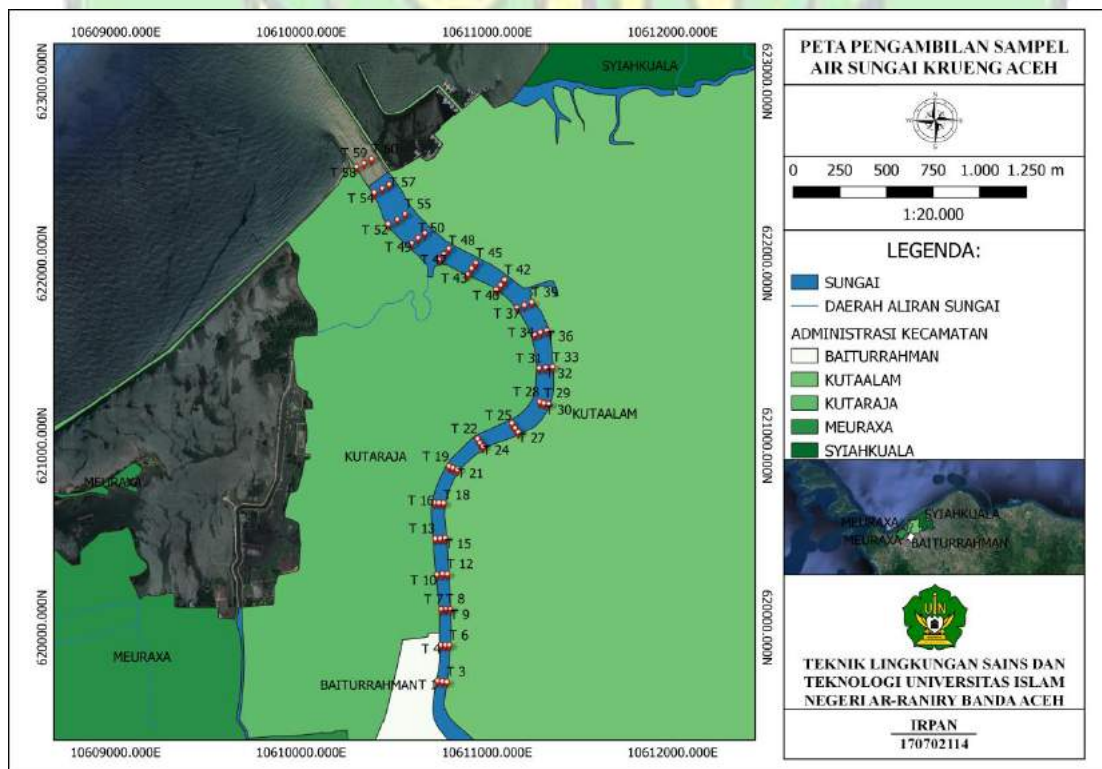
Sumber : Cohen (1983)

### BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

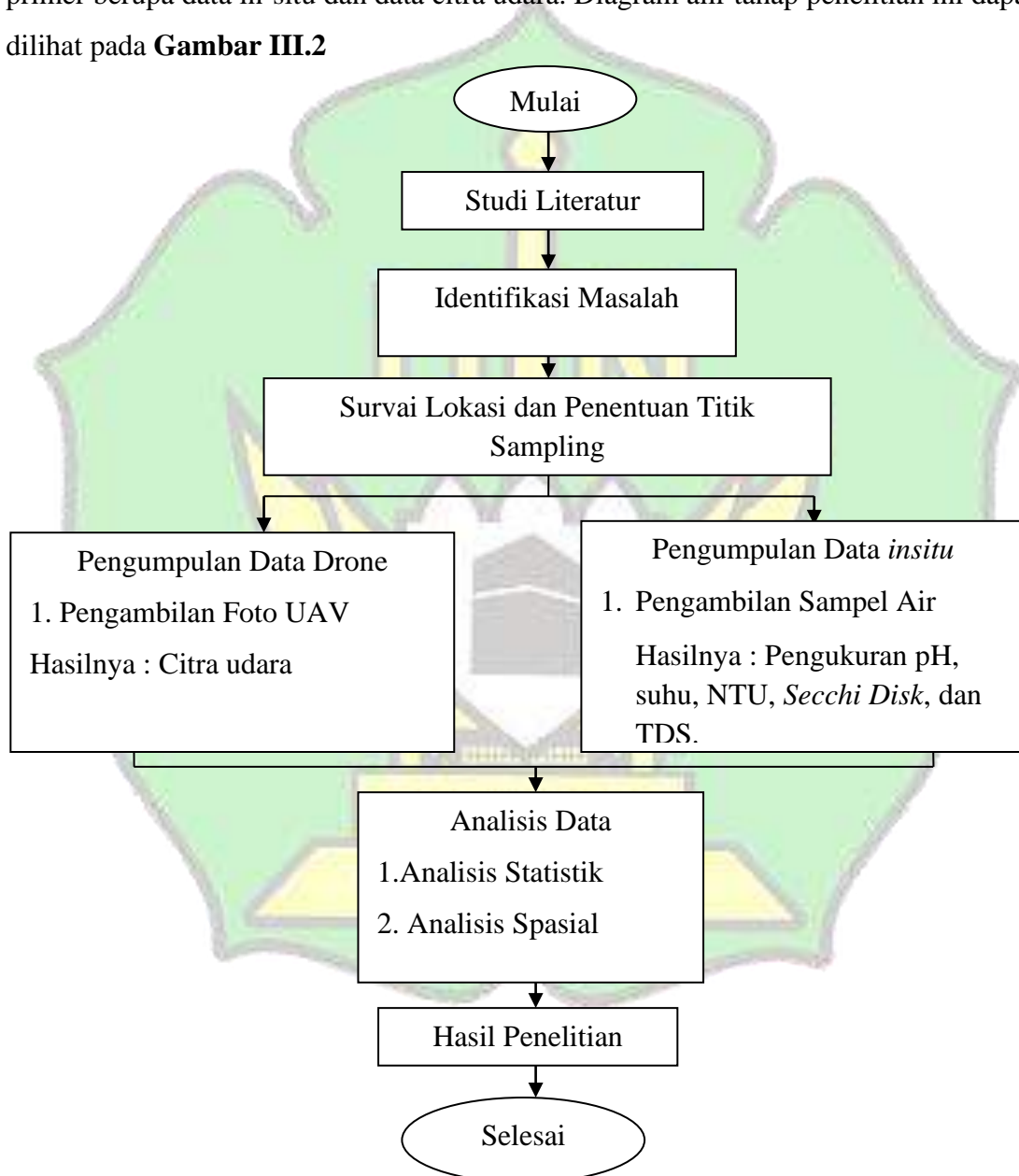
Penelitian ini dilakukan di kawasan/wilayah Sungai Krueng Aceh yang berada di provinsi Banda Aceh. Penelitian ini dilakukan dari bulan September sampai Desember 2022. Pengukuran data dalam penelitian ini dilakukan pada beberapa titik di Sungai Krueng Aceh yang kemudian disebut titik sampel. Penentuan titik sampel menggunakan *Purposive Sampling*, lokasi pengambilan sampel terdiri atas 60 titik sampel beserta dengan titik Koordinat pengambilan sampel lapangan. Pengukuran data dilakukan di lapangan dan di laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry Banda Aceh. Gambar Lokasi penelitian dan pengambilan sampel lapangan dapat dilihat pada **Gambar III.1**



**Gambar III. 1** Peta lokasi pengambilan sampel  
Sumber : Goole Earth Pro (2022)

### III.2 Tahapan Penelitian

Jenis Penelitian ini adalah deskriptif dengan menggunakan pendekatan kuantitatif melalui analisis spasial dan analisis statistik untuk mengetahui kualitas air Sungai Krueng Aceh. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer berupa data in-situ dan data citra udara. Diagram alir tahap penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar III.2**



**Gambar III. 2** Diagram Alir Tahapan Penelitian

### III.3 Alat dan Bahan

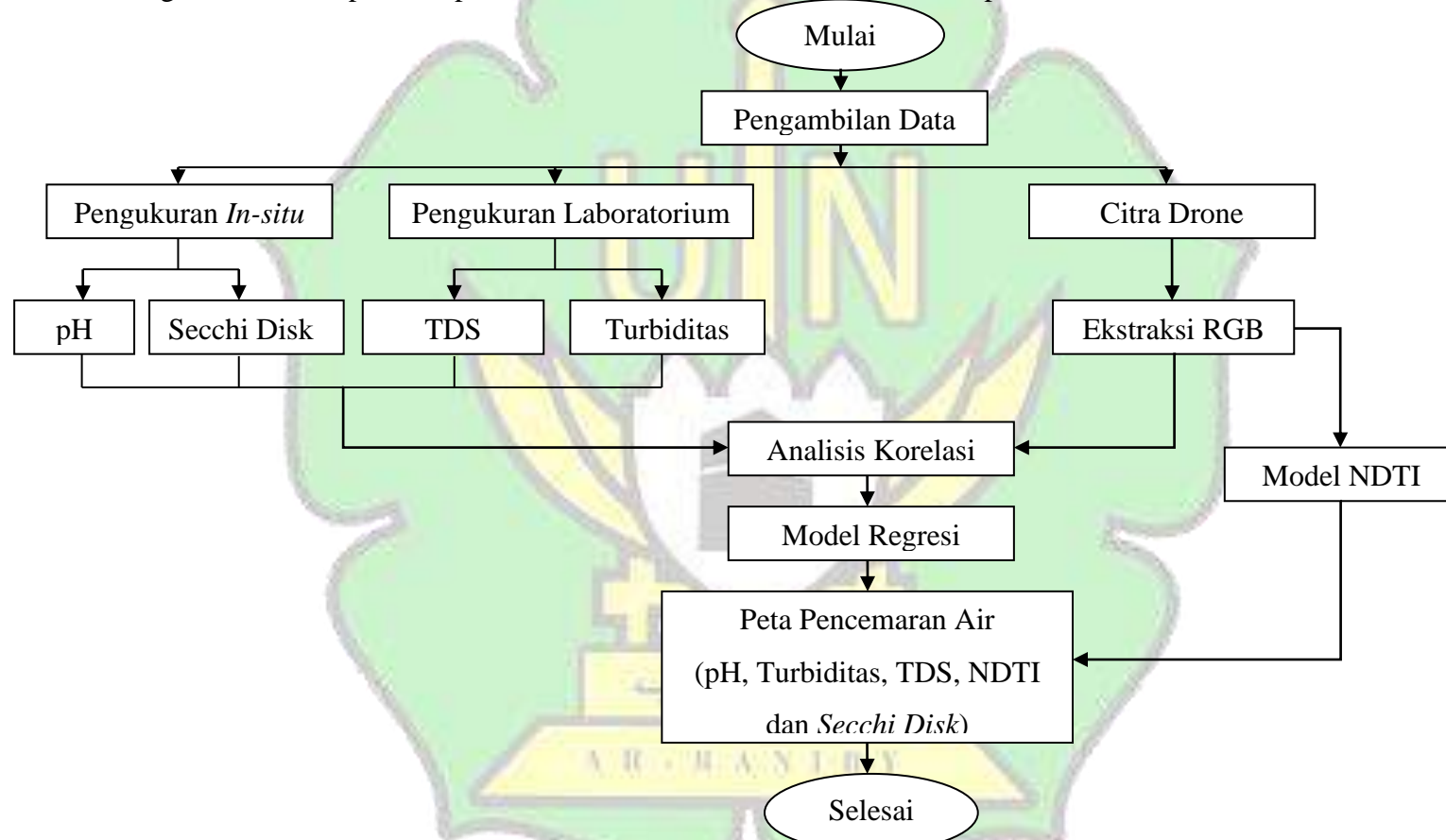
**Tabel III. 1** Alat dan bahan dalam penelitian ini

NO	Alat dan Bahan	Fungsi
1	<i>Unamanned Aerial Vechicle (UAV) / Drone</i>	Drone yang membawa kamera berdasarkan rute penerbangan yang direncanakan.
2	Kamera	Untuk mengambil akuasisi data citra dan memfoto kualitas air diwilayah peneltian.
3	Perahu/boat	Transportasi yang digunakan untuk mengambil sampel air.
4	Gayung	Untuk mengambil sampel.
5	Botol Sample	Tempat penyimpanan sampel.
6	GPS	Untuk menentukan titik sampel atau koordinat sampel lapangan.
7	<i>Termometer, pH meter, Turbidi meter, TDS Meter, SecchiDisk</i>	Alat yang digunakan untuk mengukur kualitas air permukaan sungai Krueng Aceh.
8	<i>Aplikasi Maps, dan Google Earth</i>	Untuk menentukan Digitasi titik pengambilan sampel.
9	<i>Software Agisoft</i>	Digunakan untuk mengolah foto udara yang direkam menggunakan UAV/Drone.
10	Quantum GIS	Untuk mengakuasisi RGB dari hasil foto udara permukaan air.
11	Prangkat lunak QGIS	Mengolah dan memetakan kualitas air secara spasial.
12	<i>Aplikasi DroneDeploy</i>	Merancang rute penerbangan, besar overlap, interval pemotretan, jumlah foto.
13	<i>Aquades</i>	Untuk mensterilkan suatu wadah yang digunakan pada saat pengukuran.
14	Tisu/kain	Untuk mengeringkan alat yang digunakan.

### III.4 Teknik Pengumpulan Data

#### III.4.1 Alur Pengolahan Data

Secara garis besar tahapan dari penelitian ini akan dibuat dalam *Flowchart* pada **Gambar III.3** di bawah ini :



**Gambar III. 3** Diagram alur Pengolahan data

### III.4.2 Pengambilan Data Drone

Dalam penelitian ini, untuk memperoleh citra udara permukaan Sungai Krueng Aceh menggunakan *Drone* DJI Panthom 4. *Drone* tersebut sudah dilengkapi dengan GPS, sensor  $1/2.3''$  CMOS, Lensa FOV 940 20 mm, Image size 4000 x 3000, Foto JPEG, DNG, RAW, Video MP4, MOV, Durasi terbang *Drone* selama 28 menit, jarak transmisi 3 km, dengan kecepatan Max 20 m/s.

Penggunaan *Drone* di kontrol melalui *software DroneDeploy* yang berfungsi untuk menentukan lokasi dan spesifikasi foto udara UAV dan rute penerbangan *Drone* yang diterbangkan melewati kawasan penelitian, waktu terbang *Drone* sangat terbatas yaitu sekitar 28 menit waktu terbang. Data-data yang dihasilkan oleh *Drone* berupa citra-citra dan mempunyai nilai koordinat. Data ini kemudian diolah menggunakan *software agisoft*. Kemudian hasil foto udara di olah menjadi data RGB (*Red, Green, Blue*) dengan menggunakan *software* Quantum GIS.

### III.4.3 Pengukuran Data Lapangan

pengambilan data *insitu* pencemaran air di lokasi penelitian menggunakan *boat/perahu*. Pengambilan data lapangan juga dilengkapi dengan GPS *Handheld* untuk mengetahui lokasi. Beberapa peralatan dibawa kelokasi penelitian seperti pH meter, Termometer, *Secchi Disk*, gayung dan botol sampel. Pengambilan sampel air dilakukan secara *in-situ* dan pengukuran laboratorium. Titik pengambilan sampel diambil secara zig-zag sebanyak 60 titik, masing-masing sampel berjarak 200 meter. Pada penelitian ini mengacu pada SNI 6989. 57: 2008 tentang pengambilan contoh air permukaan.

Adapun persyaratan alat pengambilan sampel air meliputi:

1. Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat sampel.
2. Mudah dicuci dari berkas sampel sebelumnya.
3. Sampel yang tertangkap mudah dipindahkan ke dalam wadah penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi di dalamnya.

4. Mudah dan aman di bawa.
5. Kapasitas alat tergantung dari tujuan pengujian.

Pada penelitian ini sampel air diambil menggunakan alat sederhana yaitu gayung.



**Gambar III. 4** Gayung

#### **III.4.4 Potential Hydrogen (pH)**

Untuk mengetahui kadar keasaman Sungai Krueng Aceh maka dapat ditentukan dengan alat pH meter. Cara pengambilan sampel pH atau Derajat Keasaman dengan cara pengambilan sampel secara *in-situ* atau secara langsung diperairan Sungai Krueng Aceh. Sebelum dilakukan pengukuran lapangan maka pH terlebih dahulu dikalibrasi sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Berikut tahapan pengujian pH sesuai dengan SNI 06. 6989. 11: 2004.

1. pH-meter dikalibrasi dengan larutan penyangga sesuai instruksi kerja alat.
2. Elektroda dikeringkan menggunakan kertas tisu, kemudian dibilas dengan air suling.
3. Elektroda dibilas dengan contoh uji.
4. Elektroda dicelupkan ke dalam sampel air sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
5. Hasil dari pembacaan skala atau angka dicatat pada tampilan dari pH meter.





**Gambar III. 5** pH meter

### **III.4.5 Kekeruhan (NTU)**

Untuk mengetahui kadar kekeruhan Turbiditas berdasarkan sifat optik akibat disperse sinar dan dapat dinyatakan sebagai perbandingan sinar yang dipantulkan terhadap sinar yang datang., maka pengambilan atau pengukuran kekeruhan diajukan dengan menggunakan Turbiditas, karena waktu pengukuran Turbiditas memerlukan waktu yang sedikit lebih lama, maka tidak dilakukan pengukuran *in-situ*, tetapi sampel diambil menggunakan gayung lalu sampel dimasukkan kedalam botol sampel yang telah disiapkan dengan titik koordinat sebelumnya. Kemudian sampel tersebut dibawa ke laboratorium Multifungsi UIN Ar-Raniry untuk dilakukan pengukuran Turbiditas.

Tahapan pengujian kekeruhan ditunjukkan sesuai dengan SNI 06-6989. 25-2005, sebagai berikut:

1. Kalibrasi Nefelometer
  - a. Nefelometer dioptimalkan untuk pengujian kekeruhan sesuai dengan petunjuk penggunaan alat.
  - b. Suspensi baku kekeruhan (dimisalkan  $\pm 40$  Turbiditas) dimasukkan ke dalam tabung pada nefelometer dan dipasang tutupnya.
  - c. Alat dibiarkan hingga menunjukkan nilai pembacaan yang stabil.

d. Alat diatur sehingga menunjukkan nilai kekeruhan larutan baku (dimisalkan  $\pm 40$  Turbiditas).

2. Penentuan contoh uji

- a. Tabung nefelometer dibilas dengan air suling.
- b. Contoh uji dikocok dan dimasukkan ke dalam tabung pada nefelometer dan pasang tutupnya.
- c. Alat didibiarkan hingga menunjukkan nilai baca yang stabil.
- d. Catat nilai kekeruhan yang dibaca oleh alat.

Untuk menghitung parameter kekeruhan diukur dengan nefelometer, dan dilakukan perhitungan dengan persamaan 3.1:

$$NTU = A \times fp \quad (1)$$

- A : Kekeruhan dalam NTU
- fp : Faktor pengenceran

Dengan keterangan A adalah kekeruhan dalam satuan *Nephelometris Turbidity Unit* (NTU) contoh yang diencerkan dan fp adalah faktor pengenceran SNI 06-6989. 25, 2005.



**Gambar III. 6** Turbidimeter

### III.4.6 *Secchi Disk*

Selain pengukuran kekeruhan menggunakan sifat optik air, penentuan kekeruhan juga dapat dilakukan dengan *Secchi disk*. *Secchi disk* adalah piringan yang berwarna hitam dan putih, berdiameter 30 cm yang digunakan untuk mengukur transparansi atau kekeruhan dalam badan air. Cara menggunakan *Secchi disk* cukup mudah, piringan *Secchi disk* diikat dengan tali lalu dimasukkan ke dalam air. Ketika pola yang terdapat pada *Secchi disk* tidak terlihat lagi dalam air di kedalaman tertentu, maka tali tersebut diukur dengan menggunakan meteran setelah itu didapat hasil analisis tingkat ukuran kecerahan air.



**Gambar III. 7** *Secchi Disk*

### III.4.7 *Total Dissolved Solid (TDS)*

Untuk mengetahui kandungan TDS atau zat padat terlarut pada suatu perairan maka pengambilan atau pengukuran TDS diajukan dengan menggunakan *TDS Meter*, karena waktu pengukuran TDS memerlukan waktu yang sedikit lebih lama, maka tidak dilakukan pengukuran *in-situ*, tetapi sampel diambil menggunakan gayung lalu sampel dimasukkan kedalam botol sampel yang telah disiapkan dengan titik

koordinat sebelumnya. Kemudian sampel tersebut dibawa ke laboratorium Multifungsi UIN Ar-raniry untuk dilakukan pengukuran TDS secara bersamaan dengan sampel Turbiditas.

Adapun tahapan pengujian TDS ditunjukkan sesuai dengan SNI 06. 6989. 27. 2005 Sebagai berikut:

1. pH-meter dikalibrasi dengan larutan penyangga sesuai instruksi kerja alat.
2. Elektroda dikeringkan menggunakan kertas tisu, kemudian dibilas dengan air suling.
3. Elektroda dibilas dengan contoh uji.
4. Elektroda dicelupkan ke dalam sampel air sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
5. Hasil dari pembacaan skala atau angka dicatat pada tampilan dari pH meter.



**Gambar III. 8 TDS Meter**

### **III.5 Akuisisi Data RGB**

Akuisisi data RGB merupakan pengolahan data citra udara yang bertujuan untuk memperoleh nilai RGB pada suatu citra udara menggunakan *software Quantum Gis*. Pengolahan citra udara /UAV dilakukan dengan cara mencuplik citra udara kemudian diolah menjadi data RGB. Hasil nilai tersebut dijadikan acuan untuk membuat model komposit warna *Red Green Blue* (RGB) sintesis yang dapat

memisahkan penampakan air permukaan dengan lebih jelas dan akurat. Selanjutnya komposit RGB tersebut digunakan untuk mengetahui sebaran kualitas air, dan mendeliniasi secara visual batas permukaan air sungai.

### III.6 Normalized Difference Turbidity Index (NDTI)

NDTI merupakan salah satu indeks spektral yang dapat ditentukan dari band sensor Red dan Green dari data citra satelit. Untuk melakukan monitoring pada suatu daerah menggunakan citra satelit akan sangat efektif menggunakan jenis indeks spektral ini. Hal ini dikarenakan radiasi spektrum berwarna merah dan hijau cukup banyak diserap oleh daerah perairan. Dengan demikian, NDTI dapat digunakan untuk mengukur seberapa keruh perairan terhadap bahan pencemar (Lacaux dkk., 2007). Algoritma NDTI untuk memperkirakan kekeruhan air menggunakan penginderaan jauh khusus untuk perairan, dapat diperkirakan dengan persamaan 2.

$$NDTI = \frac{RED - GREEN}{RED + GREEN} \dots\dots\dots(2)$$

### III.7 Analisis Statistik

#### III.7.1 Analisis Korelasi

Analisis korelasi didefinisikan sebagai suatu metode uji statistik yang dimanfaatkan dalam menguji dugaan tentang adanya hubungan antara dua variabel. Uji korelasi dimaksudkan untuk melihat hubungan dari dua hasil pengukuran atau dua variabel yang diteliti, sehingga diperoleh derajat hubungan antara indeks parameter yang digunakan (x) dengan (y) (Hakim, 2020). Ada dua cara pengambilan keputusan dalam analisis korelasi yaitu: (i) Berdasarkan nilai signifikansi. Jika nilai signifikansi <0,01 maka terdapat korelasi, jika nilai signifikansi >0,01 maka tidak terdapat korelasi. Nilai korelasi dapat diukur dengan menggunakan persamaan 3.

$$r_{xy} = \frac{\sum xy}{\sqrt{(\sum x^2)(\sum y^2)}} \dots\dots\dots(3)$$

- $r_{xy}$  : Koefisien Korelasi

- $\sum x$  : Jumlah data x
- $\sum y$  : Jumlah data y

Dimana  $r_{xy}$  adalah koefisien korelasi,  $\sum x$  adalah jumlah data x, yaitu index kekeruhan dan  $\sum y$  adalah jumlah data y, yaitu sampel kualitas air.

### III.7.2 Root Mean Squared Error (RMSE)

Manessa dkk., 2018 menyatakan akar rata-rata kuadrat (Root Mean Squared Error) adalah cara menguji model regresi linear melalui pengukuran tingkat akurasi hasil perkiraan suatu model. RMSE dihitung dengan mengkuadratkan error (prediksi – observasi). Secara matematis, rumusnya di tulis sebagai berikut :

$$RMSE = \left( \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{n} \right)^2 \quad (4)$$

- $y$  : Nilai hasil observasi
- $\hat{y}$  : Nilai hasil prediksi
- $i$  : Urutan data pada data base
- $n$  : Jumlah data

Nilai RMSE rendah menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai obeservasinya. RMSE menghitung seberapa berbedanya seperangkat nilai. Semakin kecil nilai RMSE, semakin dekat nilai yang diprediksi dan diamati.

### III.7.3 Regresi Linear

Regresi linear adalah suatu metode statistika yang digunakan untuk membentuk suatu model hubungan antara variabel terikat y (nilai prediksi RGB) dengan 1 atau lebih variabel bebas x (nilai observasi) dengan tujuan untuk mengestimasi serta memprediksi rata-rata populasi atau nilai rata-rata variabel terikat berdasarkan nilai variabel bebas yang diketahui. Hasil analisis regresi berupa koefisien pada masing-masing variabel x. Koefisien tersebut diperoleh dengan cara memprediksi nilai

variabel  $y$  dengan suatu persamaan. Koefisien regresi dihitung dengan dua tujuan sekaligus, untuk meminimumkan nilai aktual dan nilai estimasi variabel  $y$  berdasarkan data yang ada (Ramli, 2012).

$$y = a + bx \quad (5)$$

- $b$  : kemiringan
- $a$  : titik potong  $y$
- $y$  : koordinat  $y$
- $x$  : koordinat  $x$







## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### IV.1 Analisis Data *In-situ*

Data lapangan berupa kualitas Sungai Krueng Aceh, ada yang diukur secara insitu dan ada yang diambil sampel untuk dilakukan pengukuran di laboratorium. Pengambilan sampel mengacu pada SNI 6989. 57: 2008 tentang pengambilan sampel air permukaan. Pengambilan sampel ini dilakukan dengan menggunakan perahu secara zig-zag sebanyak 60 titik, masing-masing sampel berjarak 200 meter. Statistik parameter kualitas air Sungai Krueng Aceh dapat dilihat pada **Tabel IV.1**

**Tabel IV. 1** Statistik Parameter Kualitas Air

Nilai	TDS mg/L	Turbiditas(NTU)	Secchi Disk(cm)	pH
Min	81	44,5	20	7,3
Max	197	105	36	8,8
Mean	115,26	75,99	24,55	8,16
Standar Deviasi	22,43	17,80	4,06	0,40

Catatan : data lengkap dapat dilihat pada lampiran 1

**Tabel IV.1** menunjukkan statistik konsentrasi parameter kualitas air Sungai Krueng Aceh setiap titik pengambilan sampel. Nilai kadar TDS di Sungai Krueng Aceh diperoleh melalui uji laboratorium menggunakan alat *TDS meter*. Hasil pengukuran laboratorium menunjukkan bahwa nilai tertinggi terdapat pada titik 59 dengan konsentrasi 197 mg/l dan nilai terendah terdapat pada titik 17, 20, 24, 25 dan 28 dengan konsentrasi 81 mg/l. Tingginya kadar TDS di perairan dapat disebabkan karena adanya kegiatan pasar peunayong di sekitar Sungai Krueng Aceh yang menghasilkan limbah dan dibuang secara langsung ke badan sungai (Kustiyaningsih & Irawanto, 2020).

Nilai konsentrasi turbiditas di Sungai Krueng Aceh diperoleh melalui uji laboratorium menggunakan alat *turbidimeter*. Hasil pengukuran laboratorium menunjukkan bahwa nilai tertinggi terdapat pada titik 128 dengan konsentrasi

turbiditas sebesar 105 NTU, nilai terendah terdapat pada stasiun 59 sebesar 44,5 NTU. Nilai kekeruhan yang tinggi disebabkan adanya lumpur dan pasir halus pada saat pengambilan sampling, kekeruhan yang tinggi akan berdampak terhadap cahaya yang masuk ke perairan akan terbatas, hal ini akan berpengaruh terhadap makhluk hidup dalam perairan Sungai Krueng Aceh (Hanifah & Widyastuti, 2017).

Berdasarkan hasil pengukuran di lapangan, nilai kecerahan berkisar antara 20-36 cm. Nilai terendah merupakan nilai kecerahan yang berada pada titik 1, 5, 11, 18, 23, 27 dan 30. Menurut Asmawi dalam Sofarini, (2012), nilai kecerahan yang baik bagi kelangsungan hidup organisme perairan adalah  $> 45$  cm. Nilai kecerahan pada 60 titik pengambilan sampel menunjukkan bahwa kecerahan di Sungai Krueng Aceh bersifat kurang baik bagi kelangsungan hidup, yang disebabkan turunnya daya serap air akan cahaya matahari, sehingga proses kehidupan biota perairan terganggu. Kecerahan di perairan sangat tergantung pada sedimentasi yang berasal dari sungai masuk ke perairan laut. Nilai kecerahan sangat dipengaruhi oleh keadaan cuaca, waktu pengukuran, kekeruhan, dan padatan tersuspensi (Heriza dkk., 2018).

Berdasarkan 60 titik pengambilan sampel, pH air yang terdapat di Sungai berkisar antara 7,3-8,8. Nilai pH terendah terdapat pada titik 60 dengan nilai 7,3 dan nilai pH tertinggi terdapat pada titik 23 dengan nilai 8,8. Kondisi pH air di Sungai Krueng Aceh termasuk dalam kategori basa karena nilainya berada di atas 7. Derajat keasaman yang baik bagi kehidupan biota pada air sungai berkisar antara 6-9 (PP 22 Tahun 2021) tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Selain itu, menurut Effendi (2003), pH yang baik bagi kehidupan organisme perairan adalah pH yang berada pada kisaran 6-9.

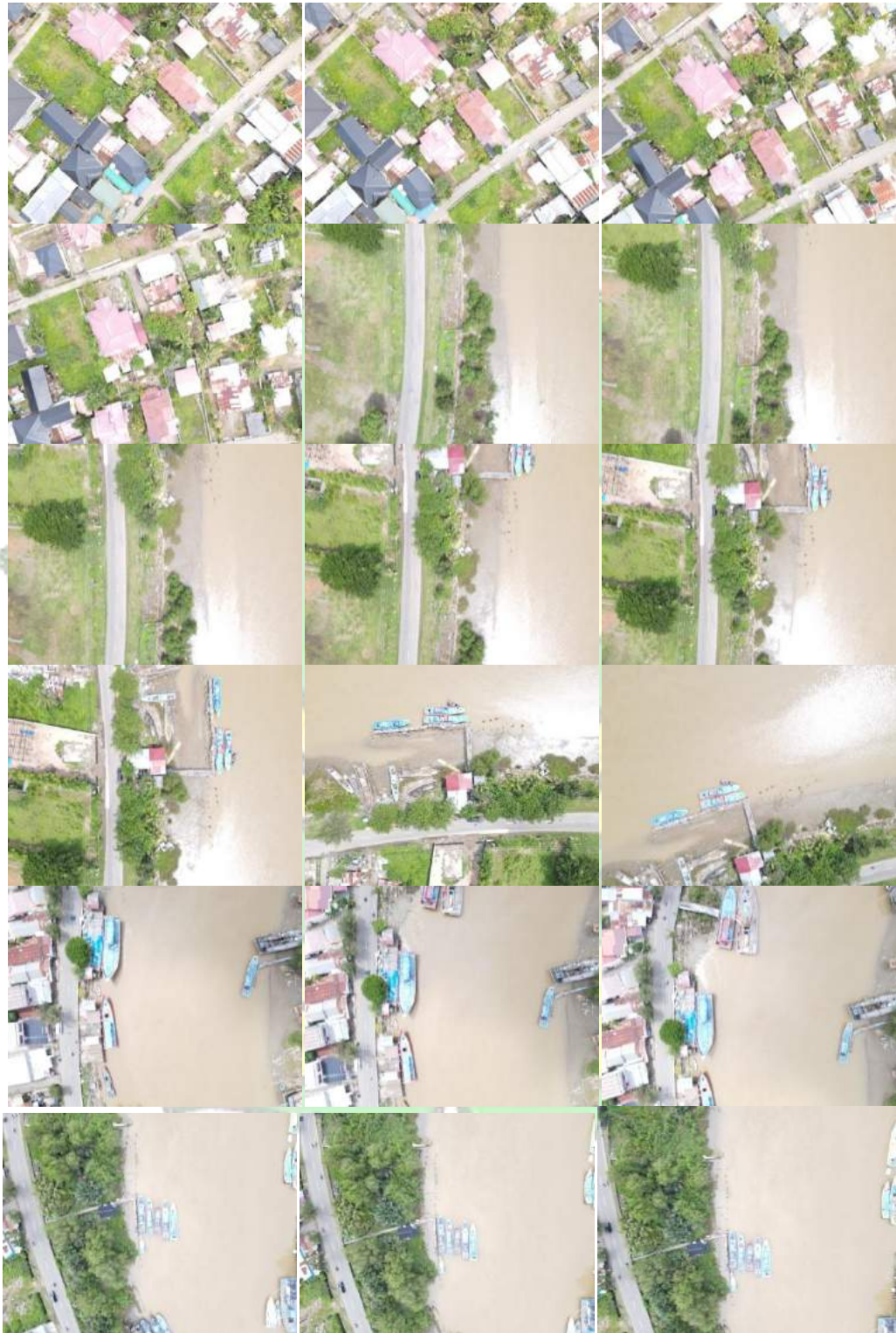
Suhu hasil pengukuran lapangan menunjukkan bahwa suhu yang terdapat di Sungai Krueng Aceh berkisar antara 27,5-30,4°C. Nilai terendah suhu terletak pada titik 27 dan nilai tertinggi terletak pada titik 15. Menurut Maniagasi dkk., (2013) suhu suatu perairan ditentukan oleh beberapa faktor antara lain ketinggian suatu daerah, curah hujan yang tinggi dan intensitas cahaya matahari yang menembus suatu

perairan. Nilai suhu Sungai Krueng Aceh menunjukkan bahwa suhu perairan tersebut masih berada dalam kisaran baku mutu PP 22 Tahun 2021. Tentang baku mutu air sungai. Berdasarkan pengambilan sampling saat di lapangan pada jam 10 sampai jam 12 siang. Pada jam tersebut matahari sudah berada dengan ketinggian  $24^{\circ}$  derajat sehingga sinar yang dipancarkan dalam kondisi maksimal yang menyebabkan kenaikan suhu air Sungai Krueng Aceh.

#### IV.2 Analisis Citra Drone

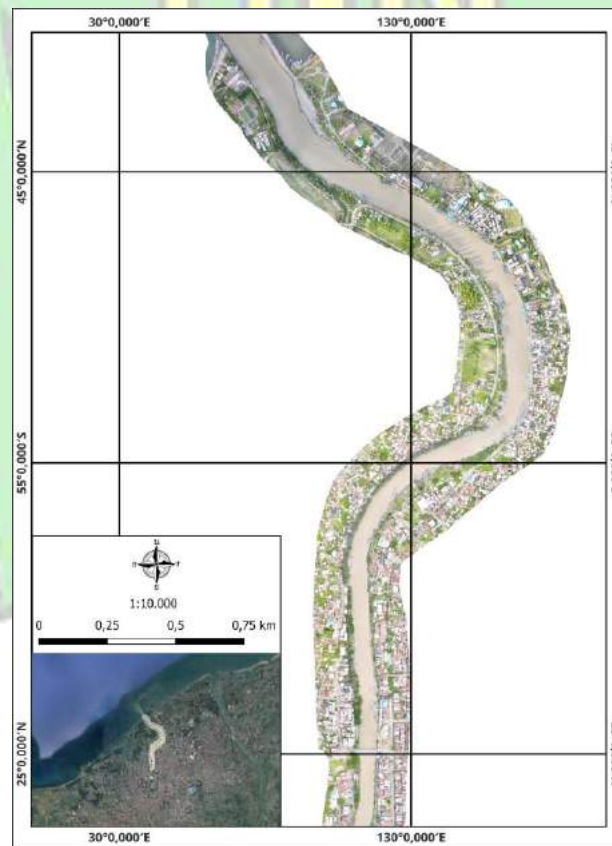
Hasil akuisisi citra udara menggunakan Drone yang diterbangkan pada ketinggian 9 meter di atas permukaan air Sungai Krueng Aceh, dengan jarak terbang sejauh 3 km dari koordinat  $05^{\circ}33'30.45''$   $095^{\circ}19'4.45''$  sampai  $05^{\circ}34'54.84''$   $095^{\circ}18'55.04''$ . Citra udara yang diperoleh menggunakan Drone pada seluruh area penelitian menghasilkan 2.313 foto. Banyaknya foto yang dihasilkan dipengaruhi oleh ketinggian terbang Drone dan luasan area Sungai Krueng Aceh. Adapun data-data yang dihasilkan Drone berupa foto-foto yaitu dapat dilihat pada **Gambar IV.1**





**Gambar IV. 1** Hasil foto udara menggunakan Drone

Setelah pengambilan data Drone selesai, maka proses selanjutnya mengolah foto udara menjadi *orthophoto* dengan menggunakan *software Agisoft Photoscan*. Agisoft dapat digunakan untuk mengolah foto udara yang direkam oleh Drone/UAV sehingga hasilnya menjadi mosaik *orthophoto*, dengan cara semua foto hasil survei di input pada *software Agisoft* menurut jalur terbangnya. Setelah semua foto di-import lakukan *review* hasil import foto untuk menyesuaikan jalur terbang. Kemudian dilakukan penggabungan titik-titik yang ada pada masing-masing foto dan akan melakukan proses pencocokan titik titik yang sama pada foto udara. Selanjutnya *Build Mesh* atau Model 3D ini digunakan sebagai dasar pembuatan dasar DEM baik DSM maupun DTM serta *orthophoto*. Adapun tampilan *orthophoto* dapat dilihat pada **Gambar IV.2**



**Gambar IV. 2** Citra udara Sungai Krueng Aceh

**Tabel IV. 2** Band/kanal RGB hasil citra udara menggunakan Drone

Nilai	Red	Green	Blue
Min	180	177	172
Max	240	226	214
Mean	223,05	211,1	199,7
Standar Deviasi	15,26	12,26	10,25

Catatan : data lengkap dapat dilihat pada lampiran 4

Tabel diatas merupakan nilai RGB hasil citra udara yang diekstrak menggunakan *software Quantum Gis*. Menurut Malthus dkk., (2020). Gambar hasil citra udara yang ekstrak kemudian digunakan untuk menghitung reflektansi air yang meninggalkan band RGB dan untuk memperkirakan kekeruhan. Reflektansi air yang keluar dari badan air adalah rasio pancaran air yang keluar dari badan air dan pancaran permukaan air ke bawah, yang sering disebut reflektansi citra udara.

### IV.3 Analisis Korelasi Matrik

Perhitungan matriks korelasi dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui hubungan korelasi antar variabel parameter kualitas air yaitu TDS, Turbiditas, *Secchi Disk* dan pH dengan data RGB. Bentuk hubungannya adalah korelasinya linear positif ataupun linear negatif, Matriks korelasi yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat beberapa pasang variabel dengan nilai korelasi yang sedang, kuat dan signifikan. Korelasi dilambangkan dengan simbol “R” Nilai koefisien (R) akan selalu berada di antara -1 sampai +1. Adapun data korelasi matrik dapat dilihat pada **Tabel IV.3**

Tabel IV. 3 Korelasi Matrik Data RGB dan Parameter Kualitas Air

Korelasi Matrik	TDS	NTU	SDD	pH	Red	Green	Blue	R/G	R/B	G/B	R/G/B	R+G	R+B	G+B	R+G/B	R+B/G	G+B/R	R+G+B
<b>TDS</b>	1,00	-0,63	0,56	-0,66	0,75	0,73	0,69	-0,41	-0,51	-0,45	0,51	0,75	-0,74	-0,74	-0,52	0,10	0,52	-0,74
<b>NTU</b>	-0,63	1,00	-0,71	0,79	0,79	0,77	0,77	0,41	0,47	0,35	-0,58	0,79	0,80	0,78	0,45	0,17	-0,48	0,79
<b>SDD</b>	0,56	-0,71	1,00	-0,76	0,74	0,71	0,67	-0,42	0,52	-0,44	0,50	0,73	-0,73	-0,70	-0,52	0,10	0,51	-0,73
<b>pH</b>	-0,66	0,79	-0,76	1,00	0,78	0,85	0,85	0,20	0,32	0,33	-0,77	0,82	0,83	0,86	0,35	0,00	-0,32	0,84
<b>Red</b>	0,75	0,79	0,74	0,78	1,00	0,95	0,89	0,62	0,71	0,57	-0,64	0,99	0,98	0,94	0,70	0,20	-0,72	0,97
<b>Green</b>	0,73	0,77	0,71	0,85	0,95	1,00	0,95	0,35	0,52	0,54	-0,82	0,98	0,98	0,99	0,56	0,00	-0,50	0,99
<b>Blue</b>	0,69	0,77	0,67	0,85	0,89	0,95	1,00	0,28	0,33	0,28	-0,89	0,93	0,96	0,98	0,33	0,00	-0,36	0,96
<b>Red/Green</b>	-0,41	0,41	-0,42	0,20	0,62	0,35	0,28	1,00	0,87	0,36	0,14	0,50	0,49	0,32	0,74	0,75	-0,94	0,45
<b>Red/Blue</b>	-0,51	0,47	0,52	0,32	0,71	0,52	0,33	0,87	1,00	0,77	0,04	0,63	0,57	0,44	0,97	0,35	-0,98	0,56
<b>Green/Blue</b>	-0,45	0,35	-0,44	0,33	0,57	0,54	0,28	0,36	0,77	1,00	0,14	0,57	0,46	0,42	0,89	-0,33	-0,64	0,49
<b>R/G/B</b>	0,51	-0,58	0,50	-0,77	-0,64	-0,82	-0,89	0,14	0,04	0,14	1,00	0,73	-0,76	-0,87	-0,00	0,26	0,00	-0,79
<b>Red+Green</b>	0,75	0,79	0,73	0,82	0,99	0,98	0,93	0,50	0,63	0,57	0,73	1,00	0,99	0,97	0,65	0,10	-0,63	0,99
<b>Red+Blue</b>	-0,74	0,80	-0,73	0,83	0,98	0,98	0,96	0,49	0,57	0,46	-0,76	0,99	1,00	0,98	0,57	0,14	-0,59	0,99
<b>Green+Blue</b>	-0,74	0,78	-0,70	0,86	0,94	0,99	0,98	0,32	0,44	0,42	-0,87	0,97	0,98	1,00	0,46	0,00	-0,44	0,98
<b>R+G/B</b>	-0,52	0,45	-0,52	0,35	0,07	0,56	0,33	0,74	0,97	0,89	-0,00	0,65	0,57	0,46	1,00	0,10	-0,92	0,57
<b>R+B/G</b>	0,10	0,17	0,10	0,00	0,02	0,00	0,00	0,75	0,35	-0,33	0,26	0,10	0,14	0,00	0,10	1,00	-0,50	0,10
<b>G+B/R</b>	0,52	-0,48	0,51	-0,32	-0,72	-0,50	-0,36	-0,94	-0,98	-0,64	0,00	-0,63	-0,59	-0,44	-0,92	-0,50	1,00	-0,57
<b>R+G+B</b>	-0,74	0,79	-0,73	0,84	0,97	0,99	0,96	0,45	0,56	0,49	-0,79	0,99	0,99	0,98	0,57	0,10	-0,57	1,00

Berdasarkan tabel diatas, menunjukkan bahwa terdapat korelasi linier antara band/kanal RGB dengan parameter kualitas air, yaitu *Red* dan TDS dengan nilai korelasi 0,75 menunjukkan adanya hubungan signifikan, *Red* dan Turbiditas dengan nilai korelasi 0,79 menunjukkan adanya hubungan signifikan, *Red* dan *Secchi Disk* dengan nilai korelasi 0,74 menunjukkan adanya hubungan signifikan, dan *Blue* dan pH dengan korelasi 0,85 menunjukkan adanya hubungan signifikan. Oleh karena itu korelasi antara parameter kualitas air dan band/kanal RGB dilihat dengan menggunakan analisis koefisien korelasi yang dapat mengukur keeratn hubungan dan signifikan antara data RGB dengan parameter kualitas air.

#### IV.4 Model Regresi

Analisis regresi linear untuk mendapatkan model hubungan yang terbaik, lebih spesifik dan untuk memahami hubungan antara variabel dan beberapa prediksi yang memberikan hubungan terbaik dalam perairan. Variasi kualitas air di Sungai Krueng Aceh dapat diterangkan dengan variabel kualitas air yaitu TDS prediksi, Turbiditas prediksi, *Secchi Disk* prediksi, dan pH prediksi sebagai variabel dependen dan TDS observasi, Turbiditas observasi, *Secchi Disk* observasi dan pH observasi sebagai variabel independen (Mustapha & Abdu, 2012). Persamaan umum regresi dapat dilihat pada persamaan 5 dan persamaan model regresi dapat dilihat pada tabel **Tabel IV. 4**

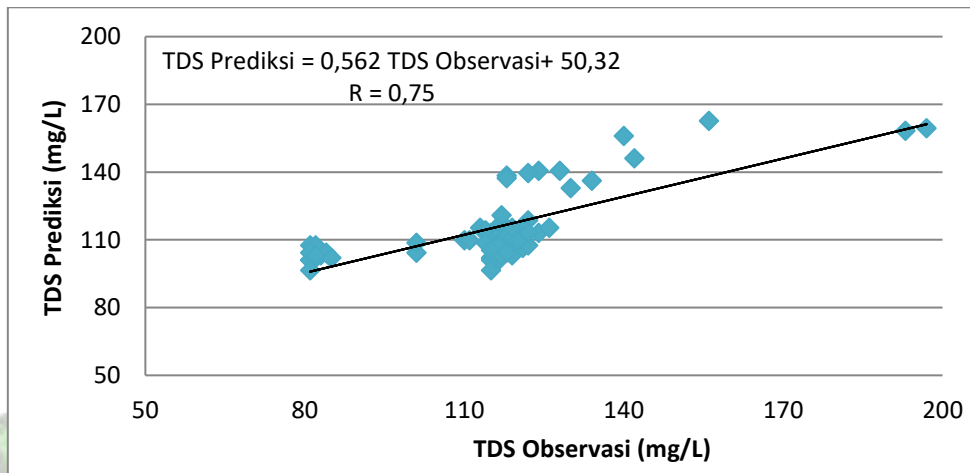
**Tabel IV. 4** Persamaan Model Regresi Linear

Parameter	Nilai R	Keterangan	RMSE
TDS (mg/L)	0,75	Kuat	14,7
Turbiditas (NTU)	0,79	Kuat	10,7
<i>Secchi Disk</i> (cm)	0,74	Kuat	2,69
pH	0,85	Sangat Kuat	0,27



#### IV.4.1 Model Regresi TDS

Analisis regresi linier dilakukan untuk mengetahui pengaruh antara parameter TDS observasi terhadap TDS prediksi. Hasil grafik analisis regresi linier TDS observasi dengan TDS prediksi dapat dilihat pada **Gambar IV.3**

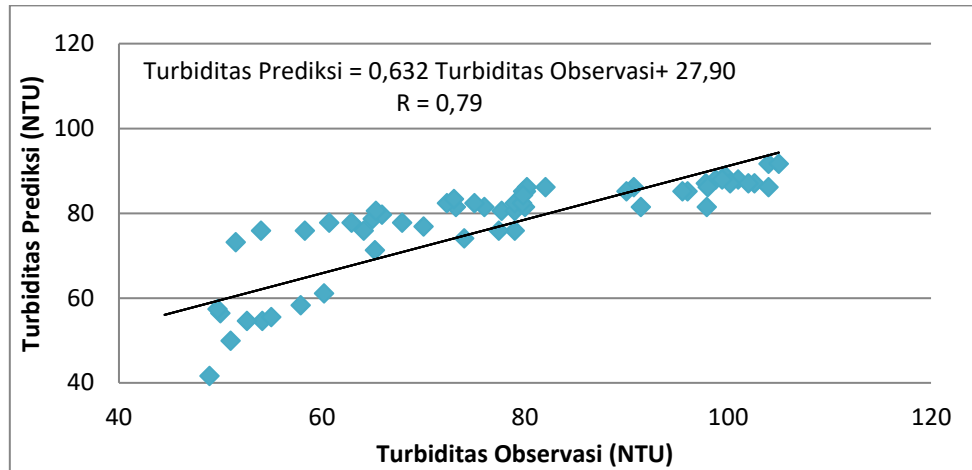


**Gambar IV. 3** Model Regresi TDS Prediksi dan TDS Observasi

Hasil analisis regresi menunjukkan pengaruh TDS observasi terhadap TDS prediksi, dengan nilai regresi (R) sebesar 0,75. Berdasarkan nilai regresi tersebut, menunjukkan bahwa TDS observasi memiliki pengaruh yang kuat dalam menjelaskan TDS prediksi (Nduru dkk., 2014). Hal ini menunjukkan keeratan hubungan antara TDS observasi dan TDS prediksi. Analisis bernilai positif dan terdapat hubungan signifikan antara TDS observasi dan TDS prediksi. Analisis bernilai positif, artinya ada hubungan berbanding lurus antara nilai TDS observasi dan TDS prediksi.

#### IV.4.2 Model Regresi Turbiditas

Analisis regresi linier dilakukan untuk mengetahui pengaruh antara parameter Turbiditas observasi terhadap Turbiditas prediksi. Hasil grafik analisis regresi linier Turbiditas observasi dengan Turbiditas prediksi dapat dilihat pada **Gambar IV.4**

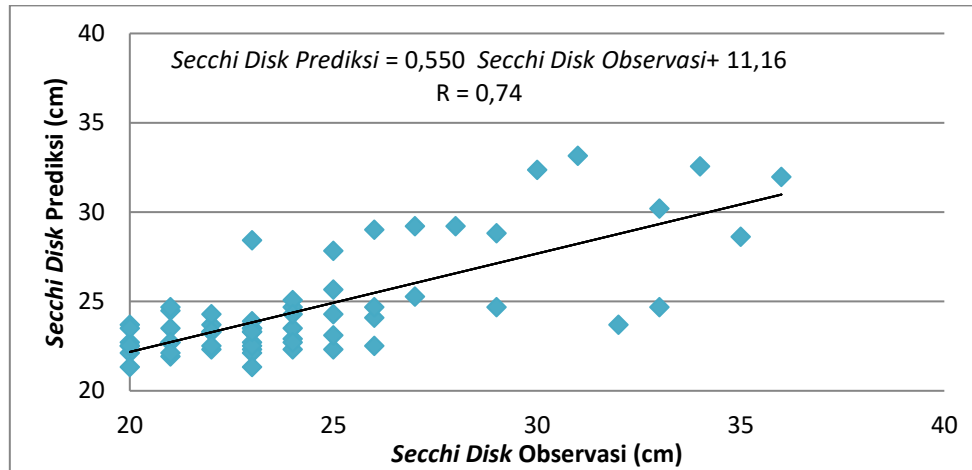


**Gambar IV. 4** Model Regresi Turbiditas Prediksi dan Turbiditas Observasi

Berdasarkan **Gambar IV.4** analisis regresi menunjukkan pengaruh Turbiditas observasi terhadap Turbiditas prediksi, dengan nilai regresi (R) sebesar 0,79 Hal ini menunjukkan keeratan hubungan antara Turbiditas observasi dengan Turbiditas prediksi. Analisis bernilai positif dan terdapat hubungan signifikan antara Turbiditas observasi dan Turbiditas prediksi. Analisis bernilai positif, artinya ada hubungan berbanding lurus antara nilai Turbiditas observasi dan Turbiditas prediksi.

#### **IV.4.3 Model Regresi Secchi Disk**

Analisis regresi linier dilakukan untuk mengetahui pengaruh antara parameter *Secchi Disk* observasi terhadap *Secchi Disk* prediksi. Hasil grafik analisis regresi linier *Secchi Disk* observasi dengan *Secchi Disk* prediksi dapat dilihat pada **Gambar IV.5**

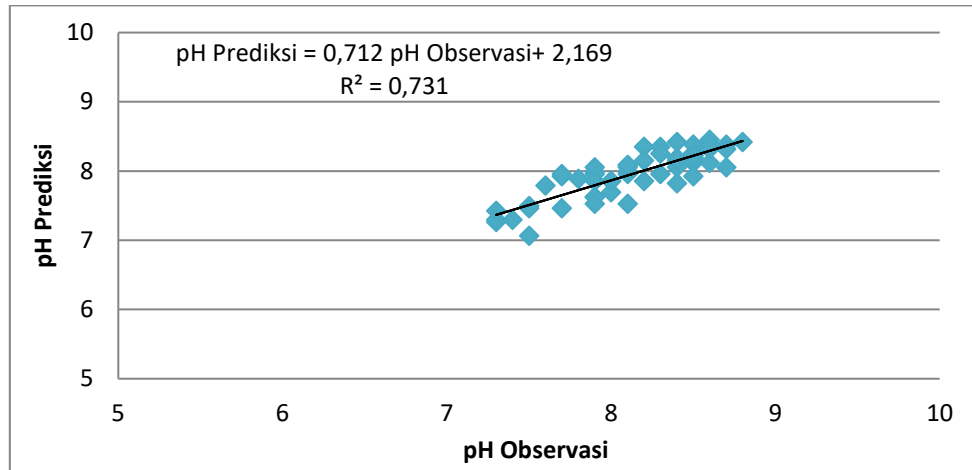


**Gambar IV. 5** Model Regresi *Secchi Disk* Prediksi dan *Secchi Disk* Observasi

Hasil analisis regresi menunjukkan pengaruh *Secchi Disk* observasi terhadap *Secchi Disk* prediksi, dengan nilai regresi (R) sebesar 0,74. Hal ini menunjukkan keeratan hubungan linear antara *Secchi Disk* observasi dengan *Secchi Disk* prediksi. Analisis bernilai positif dan terdapat hubungan signifikan antara Turbiditas observasi dan Turbiditas prediksi. Analisis bernilai positif, artinya ada hubungan berbanding lurus antara nilai *Secchi Disk* observasi dan *Secchi Disk* prediksi.

#### IV.4.4 Model Regresi pH

Analisis regresi linier dilakukan untuk mengetahui pengaruh antara parameter pH observasi terhadap pH prediksi. Hasil grafik analisis regresi linier pH observasi dengan pH prediksi dapat dilihat pada **Gambar IV.6**



**Gambar IV. 6** Model Regresi pH Prediksi dan pH Observasi

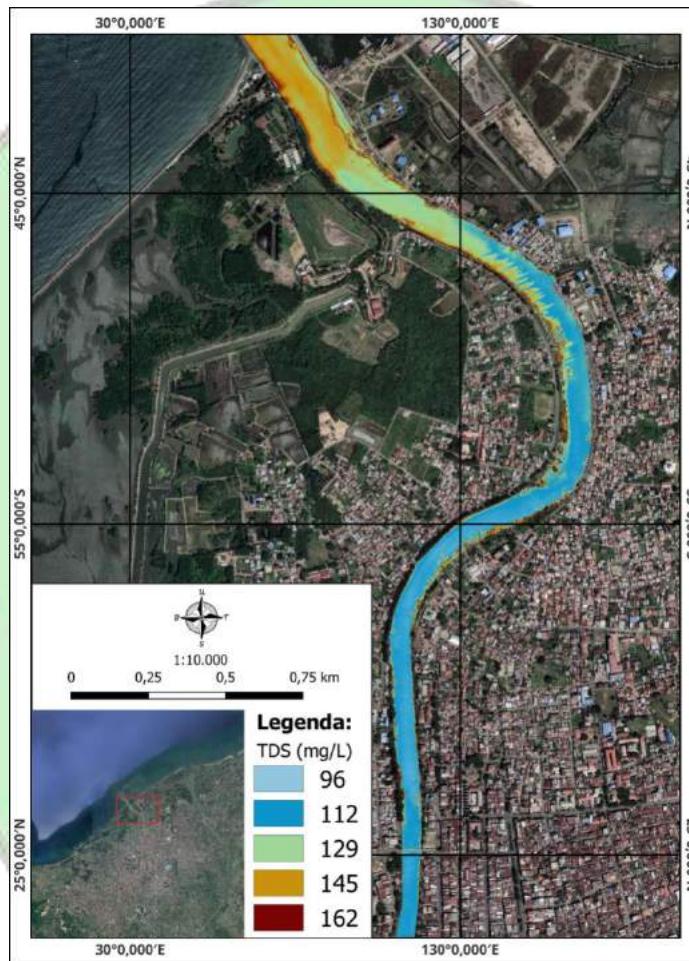
Berdasarkan **Gambar IV.6** analisis regresi menunjukkan pengaruh pH observasi terhadap pH prediksi, dengan nilai regresi (R) sebesar 0,85. Hal ini menunjukkan keeratan hubungan antara pH observasi dengan pH prediksi. Analisis bernilai positif dan terdapat hubungan signifikan antara Turbiditas observasi dan Turbiditas prediksi. Analisis bernilai positif, artinya ada hubungan berbanding lurus antara nilai pH observasi dan pH prediksi.

#### **IV.5 Peta Parameter Kualitas Air**

Kualitas air dinyatakan dengan parameter yang menggambarkan kondisi air. Pada penelitian ini parameter kualitas air meliputi parameter fisika dan kimia. Pengukuran sampel air dilakukan secara *in-situ* sesuai dengan SNI 6989. 57: 2008 tentang pengambilan sampel air permukaan dan pengukuran laboratorium. Beberapa parameter dapat mempengaruhi kualitas air di suatu tempat. Parameter air seperti TDS, Turbiditas, *Secchi Disk* dan pH dapat mempengaruhi kualitas air. Hasil kualitas air dapat di pengaruhi oleh aktivitas yang terjadi di sekitarnya.

#### IV.5.1 Peta Parameter TDS

TDS merupakan parameter yang digunakan untuk melihat jumlah zat terlarut pada suatu wilayah perairan. Banyaknya jumlah zat yang dapat terlarut akan mempengaruhi kualitas air yang terdapat di wilayah perairan Sungai Krueng Aceh. Adapun peta TDS dapat dilihat pada **Gambar IV.7**



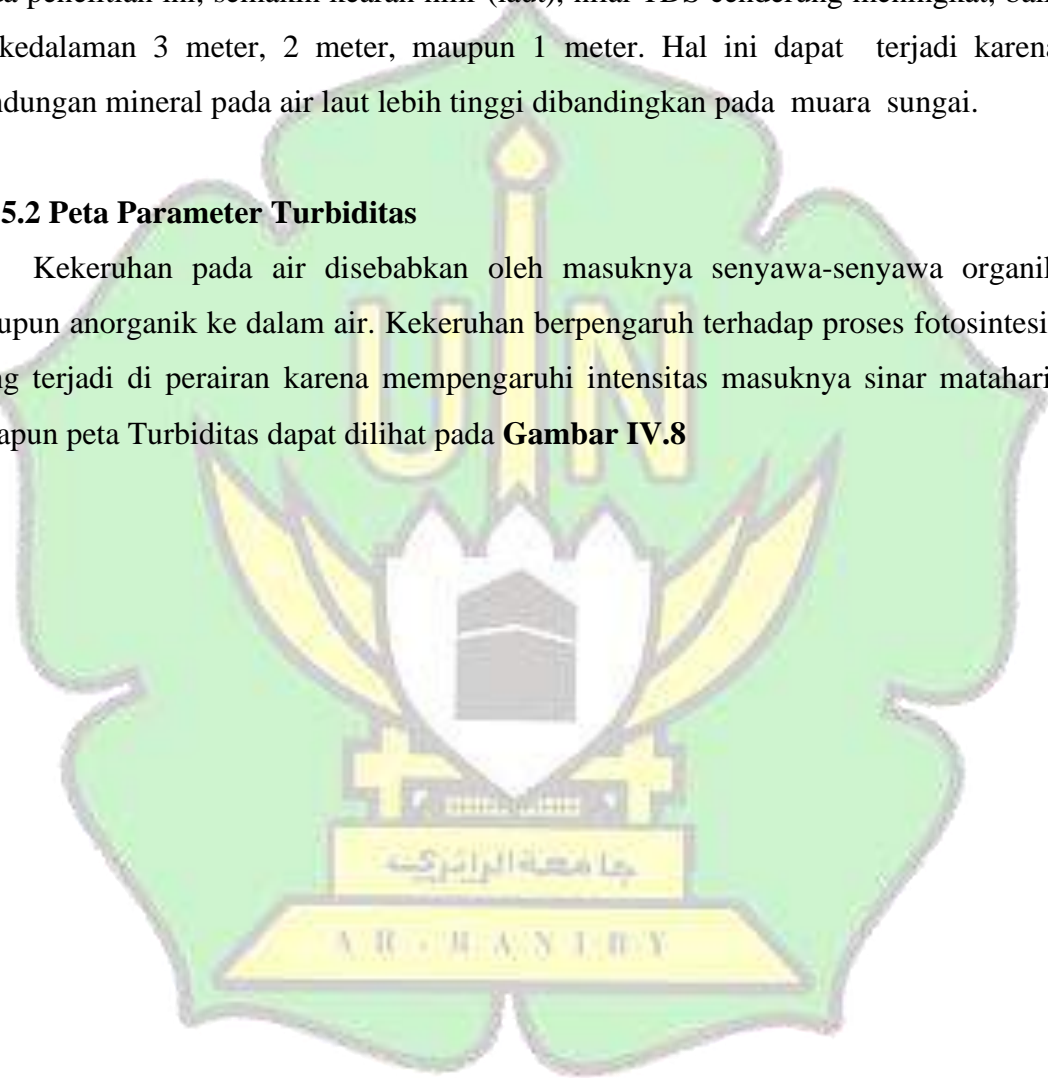
**Gambar IV. 7** Peta Kualitas Air TDS

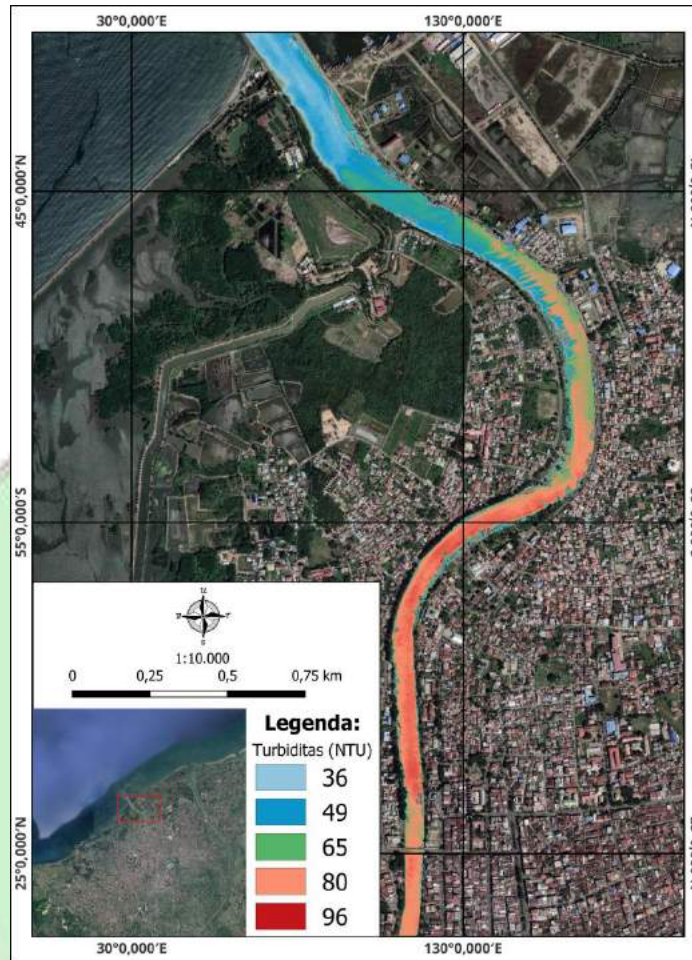
Berdasarkan Gambar di atas, peta Sungai Krueng Aceh menunjukkan dominan berwarna biru yaitu kadar nilai TDS pada Sungai Krueng Aceh dominan rendah, sedangkan berwarna coklat kemerahan menunjukkan nilai kadar TDS di perairan

lebih tinggi dengan Kadar TDS sebesar 162 mg/L. Nilai ini cukup rendah jika dibandingkan dengan nilai TDS di perairan muara/teluk pada penelitian lainnya seperti, penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hidayat dkk., (2016), di perairan Teluk Lampung, nilai TDS menunjukkan kisaran 27.686-36.642 mg/L. nilai TDS pada penelitian ini, semakin kearah hilir (laut), nilai TDS cenderung meningkat, baik di kedalaman 3 meter, 2 meter, maupun 1 meter. Hal ini dapat terjadi karena kandungan mineral pada air laut lebih tinggi dibandingkan pada muara sungai.

#### **IV.5.2 Peta Parameter Turbiditas**

Kekeruhan pada air disebabkan oleh masuknya senyawa-senyawa organik maupun anorganik ke dalam air. Kekeruhan berpengaruh terhadap proses fotosintesis yang terjadi di perairan karena mempengaruhi intensitas masuknya sinar matahari. Adapun peta Turbiditas dapat dilihat pada **Gambar IV.8**



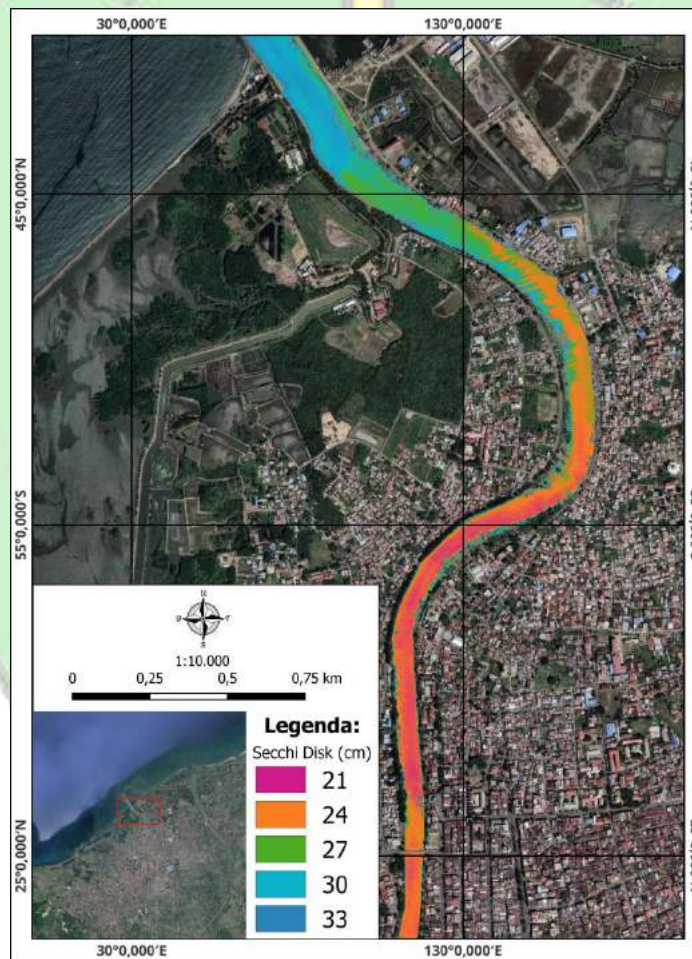


**Gambar IV. 8** Peta Kualitas Air Turbiditas

Berdasarkan **Gambar IV.8** pada peta Sungai Krueng Aceh terdapat warna biru yang menunjukkan suatu perairan jernih sedangkan warna merah menunjukkan suatu perairan lebih keruh. Kadar nilai Turbiditas yang tertinggi sebesar 90 NTU sedangkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Rizki dkk, (2015), diperairan Tanjung desa Timpag Sebesar 44,5 – 102 NTU. nilai turbiditas di hilir akan lebih rendah dibandingkan dengan di hulu sungai. Hal ini disebabkan karena ketika air mengalir dari hulu ke hilir, partikel-padatan tersebut akan mengendap di dasar sungai atau tersuspensi dalam air dan terbawa oleh arus hingga sampai ke hilir sungai.

### IV.5.3 Peta Parameter *Secchi Disk*

Kecerahan adalah suatu kondisi yang menunjukkan kemampuan cahaya untuk menembus lapisan air pada kedalaman tertentu. Kecerahan perairan sangat dipengaruhi oleh keberadaan padatan tersuspensi, zat – zat terlarut, partikel – partikel dan warna air. Tingkat kecerahan memiliki kaitan erat dengan fotosintesis. Menurut (Dewi dkk., 2017) bahwa semakin dalam *Secchi Disk* semakin dalam penetrasi cahaya kedalam air, yang selanjutnya akan meningkatkan ketebalan lapisan air yang produktif. Adapun peta *Secchi Disk* dapat dilihat pada **Gambar IV.9**



**Gambar IV. 9** Peta Kualitas Air *Secchi Disk*

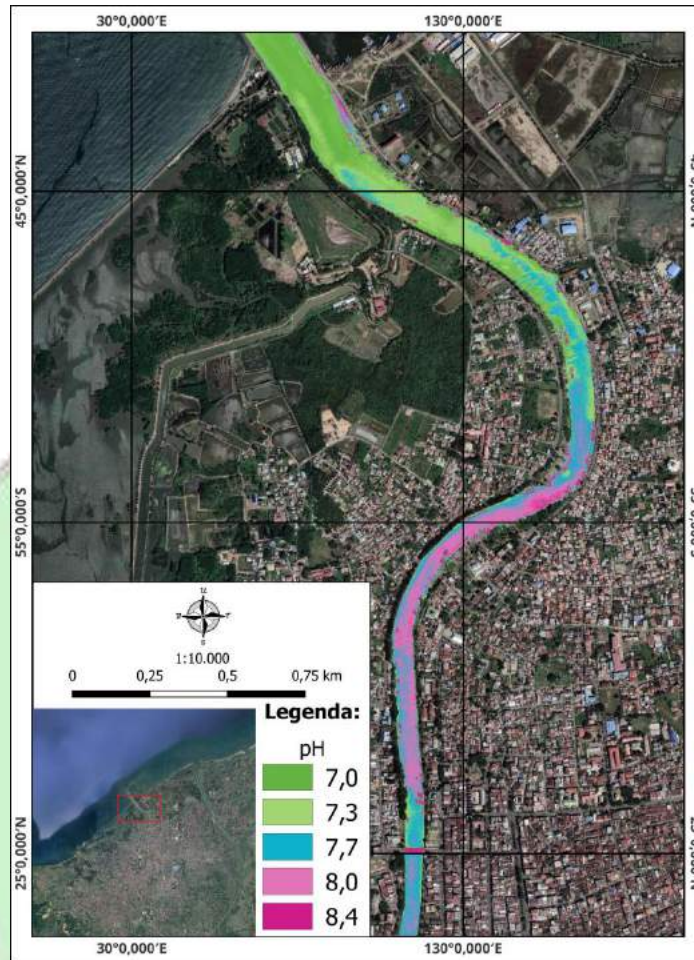


Berdasarkan **Gambar IV.9** peta *Secchi Disk* berwarna biru muda yang menunjukkan perairan Sungai Krueng Aceh cerah sedangkan berwarna merah menunjukkan perairan Sungai Krueng Aceh lebih Keruh. Nilai perairan Sungai Krueng aceh berkisara 21 - 33 cm, kecerahan perairan dipengaruhi oleh kedalaman perairan, substansi sedimen, kecepatan arus dan waktu pengamatan (Akib dkk., 2015). Sedangkan penelitian sebelumnya yang dilakukan di sekitar perairan Teluk Tanjungpinang berkisar antara 0,69 hingga 1,13 m dengan status tidak memenuhi baku mutu yang diperkenankan yaitu  $> 3$  m menurut KepMen LH No 51 tahun 2004. Kondisi ini berarti bahwa Perairan Teluk Tanjungpinang ditinjau dari parameter kecerahan telah terkontaminasi bahan-bahan organik maupun anorganik terlarut mulai dari perairan sungai hingga perairan Teluk.

#### **IV.5.4 Peta Parameter pH**

pH yang semakin rendah menunjukkan kondisi larutan yang semakin asam, sebaliknya semakin tinggi pH maka kondisi larutan semakin alkalin. pH yang normal adalah sekitar pH 6-9. Adapun Peta parameter pH dapat dilihat pada **Gambar IV.10**



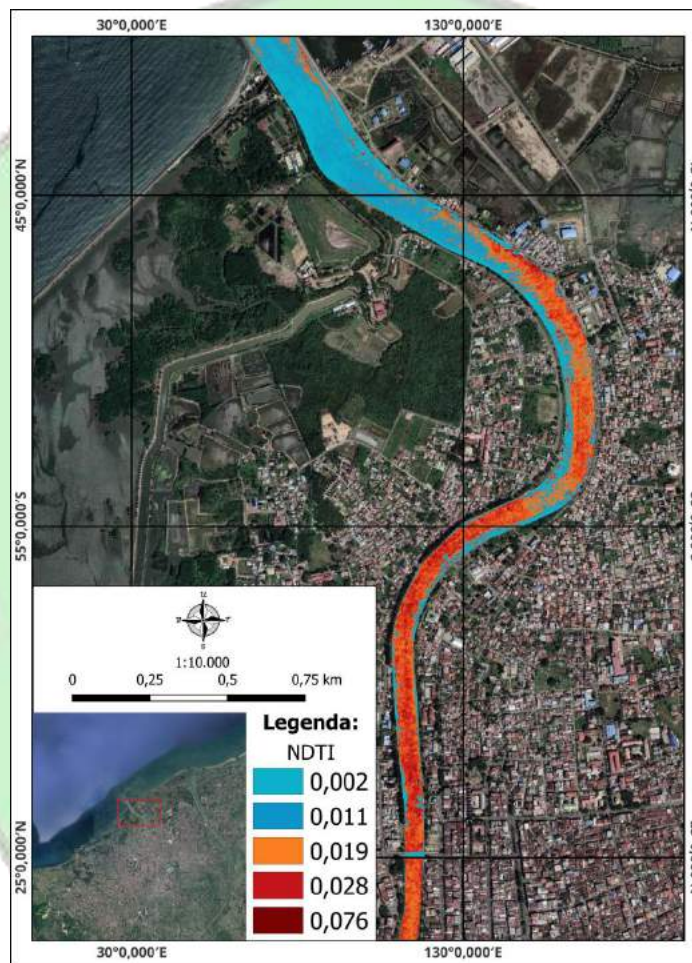


**Gambar IV. 10** Peta Kualitas Air pH

Berdasarkan **Gambar IV.10** peta pH Sungai Krueng Aceh dimana warna hijau menunjukkan pH Sungai Krueng Aceh lebih rendah, sedangkan warna ungu menunjukkan pH Sungai Krueng Aceh lebih tinggi tetapi masih memenuhi baku mutu. Air sungai dengan nilai pH sekitar 6-9 merupakan air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan. Perubahan pH bisa dipengaruhi oleh adanya senyawa-senyawa organik yang masuk kedalam lingkungan perairan. pH rendah pada air disebabkan oleh kandungan logam berat. Berdasarkan (Permenkes, 2010), kualitas air pada Sungai Krueng Aceh layak digunakan sebagai bersih.

#### IV.5.5 Peta *Normalized Difference Turbidity Index* (NDTI)

Hasil citra udara pada suatu perairan dapat dilakukan dengan menggunakan *Normalized Difference Turbidity Index* (NDTI) yang merupakan rasio antara pantulan band merah dan spektrum hijau untuk analisis tingkat kekeruhan di suatu perairan (Bid & Siddique, 2019). Adapun Peta NDTI dapat dilihat pada **Gambar IV.11**



**Gambar IV. 11** Peta *Normalized Difference Turbidity Index* (NDTI)

**Gambar IV.11** peta NDTI Sungai Krueng Aceh, menunjukkan bahwa berwarna merah lebih dominan pada peta NDTI, Area tersebut merupakan daerah perairan yang mengalami kekeruhan. Area yang berwarna biru ditunjukkan pada area

yang tidak terlalu keruh pada peta NDTI. Area sedimentasi akibat akumulasi material sedimen dapat diidentifikasi pada area yang berwarna merah pada peta NDTI. Hal ini disebabkan arus yang cukup kuat pada area tersebut sehingga proses yang terjadi pengikisan dasar perairan, dan bukan proses pengendapan atau sedimentasi (Movahedi dkk., 2018).



## BAB V PENUTUP

### V.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil analisis monitoring kualitas air Sungai Krueng Aceh menggunakan Drone, pada penelitian ini menghasilkan 2.313 citra udara. Dari pengolahan citra udara diperoleh nilai RGB dengan nilai minimum *Red* sebesar 180, *Green* sebesar 177 dan *Blue* sebesar 172, adapun nilai maksimum *Red* sebesar 240, *Green* sebesar 226 dan *Blue* sebesar 214, dan nilai rata-rata *Red* sebesar 223,05, *Green* sebesar 211,1 dan *Blue* sebesar 199,71. Untuk melihat hubungan data RGB dengan parameter kualitas air dilakukan analisis statistik koefisien korelasi. Berdasarkan nilai korelasi, selanjutnya melihat pengaruh data RGB dengan parameter kualitas air dengan model regresi.
2. Berdasarkan hasil analisis data *insitu* dan data citra udara menunjukkan koefisien korelasi antara band/kanal RGB dengan parameter kualitas air memiliki hubungan sedang dan kuat, yaitu korelasi *Red* dengan TDS sebesar 0,75, korelasi *Red* dengan Turbiditas sebesar 0,79, korelasi *Red* dengan *Secchi Disk* sebesar 0,74, dan korelasi *Blue* dengan pH sebesar 0,85.
3. Statistik model regresi menunjukkan pengaruh dan hubungan signifikan antara TDS observasi dan TDS prediksi sebesar 0,75, Turbiditas observasi dan Turbiditas prediksi sebesar 0,79, *Secchi Disk* observasi dan *Secchi Disk* prediksi sebesar 0,74 dan pH observasi dan pH prediksi sebesar 0,85. Berdasarkan data observasi dan data prediksi, dilakukan pemetaan dengan menggunakan persamaan model regresi. Adapun peta yang dihasilkan yaitu, peta TDS, peta Turbiditas, peta *Secchi Disk*, peta pH dan Peta NDTI.

## V.2 Saran

Adapun saran pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian dengan parameter yang lebih banyak salah satunya ditambahkan parameter COD, BOD, TSS, DO, fosfat, amoniak, dan logam berat.
2. Perlu ditambahkan variasi waktu pengambilan sampel yang berbeda sehingga dapat lebih mewakili dalam menentukan status mutu air.
3. Perlu ditambah jumlah segmen lebih ke hulu sehingga perubahan kualitas dan status mutu air lebih mewakili.



## DAFTAR PUSTAKA

- Akib, A., Litaay, M., Ambeng, A., & Asnady, M. (2015). Kelayakan kualitas air untuk kawasan budidaya *Eucheuma cottoni* berdasarkan aspek fisika, kimia dan biologi di Kabupaten Kepulauan Selayar. *Jurnal Pesisir dan Laut Tropis*, 3(1), 25–36.
- 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.
- Bidayah, U. (2014). *Analisis Tingkat Kekeruhan Air Menggunakan Algoritma Jing Li, Budiman dan Lemigas pada Citra Terra Aster di Perairan Selat Madura*. Masters thesis.
- Casella, E., Collin, A., Harris, D., Ferse, S., Bejarano, S., Parravicini, V., Hench, J. L., & Rovere, A. (2017). Mapping coral reefs using consumer-grade drones and structure from motion photogrammetry techniques. *Coral Reefs*, 36, 269–275.
- Cohen, J., & Cohen, P. (1983). Applied multiple regression/correlations analysis for the behavioral sciences. *Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates*.
- Darwin, D., Syahrul, S., & Basri, H. (2021). Analisis Karakteristik Hidrologi DAS Krueng Aceh, Provinsi Aceh (Studi Kasus Sub DAS Krueng Jreu dan Sub DAS Krueng Khea). *Rona Teknik Pertanian*, 14(1), 58–72.
- Dewi, E. K., Julzarika, A., & Trisakti, B. (2017). Juknis pengolahan kualitas air danau (TSS & Kecerahan) dengan citra Landsat 8 OLI. *Jakarta: LAPAN*.
- Faisal, M., Harmadi, H., & Puryanti, D. (2016). Perancangan Sistem Monitoring Tingkat Kekeruhan Air Secara Realtime Menggunakan Sensor TSD-10. *Jurnal Ilmu Fisika*, 8(1), 9–16.
- Firmansyah, Y. W., Widiyantoro, W., Fuadi, M. F., Afrina, Y., Hardiyanto, A., & others. (2021). Dampak Pencemaran Sungai Di Indonesia Terhadap Gangguan Kesehatan: Literature Review. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes Depkes Bandung*, 13(1), 120–133.

- Hakim, F., & others. (2020). *Uji Reliabilitas Metode Suseptibilitas Magnetik dalam Memonitoring Logam Berat pada Sedimen Dasar Sungai Krueng Aceh*. UIN Ar-Raniry.
- Hamuna, B., Tanjung, R. H., MAury, H., & others. (2018). *Kajian kualitas air laut dan indeks pencemaran berdasarkan parameter fisika-kimia di perairan Distrik Depapre, Jayapura*.
- Hanifah, Y., & Widyastuti, W. (2017). Kajian Kualitas Air Sungai Konteng sebagai Sumber Air Baku Pdam Tirta Darma Unit Gamping, Kabupaten Sleman. *Jurnal Bumi Indonesia*, 6(1).
- Heriza, D., Sukmono, A., & Bashit, N. (2018). Analisis perubahan kualitas perairan Danau Rawa Pening periode 2013, 2015 dan 2017 dengan menggunakan data citra landsat 8 multitemporal. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), 79–89.
- Hidayat, D., Suprianto, R., Dewi, P. S., & others. (2016). Penentuan kandungan zat padat (total dissolve solid dan total suspended solid) di perairan Teluk Lampung. *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 1(1).
- Kustiyaningsih, E., & Irawanto, R. (2020). Pengukuran Total Dissolved Solid (TDS) Dalam Fitoremediasi Deterjen Dengan Tumbuhan *Sagittaria lancifolia*. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 7(1), 143–148.
- Lacaux, J. P., Tourre, Y. M., Vignolles, C., Ndione, J. A., & Lafaye, M. (2007). Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal. *Remote sensing of environment*, 106(1), 66–74.
- Lambers, K., Eisenbeiss, H., Sauerbier, M., Kupferschmidt, D., Gaisecker, T., Sotoodeh, S., & Hanusch, T. (2007). Combining photogrammetry and laser scanning for the recording and modelling of the Late Intermediate Period site of Pinchango Alto, Palpa, Peru. *Journal of archaeological science*, 34(10), 1702–1712.
- Malthus, T. J., Ohmsen, R., & Woerd, H. J. van der. (2020). An evaluation of citizen science smartphone apps for inland water quality assessment. *Remote Sensing*,



12(10), 1578.

- Manessa, M. D. M., Haidar, M., Hartuti, M., & Kresnawati, D. K. (2018). Determination of the best methodology for bathymetry mapping using SPOT 6 imagery: A study of 12 empirical algorithms. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences (IJReSES)*, 14(2), 127–136.
- Maniagasi, R., Tumembouw, S. S., & Mudeng, Y. (2013). Analisis kualitas fisika kimia air di areal budidaya ikan Danau Tondano Provinsi Sulawesi Utara. *E-Journal Budidaya Perairan*, 1(2).
- Movahedi, A., Kavianpour, M. R., & Aminoroayaie Yamini, O. (2018). Evaluation and modeling scouring and sedimentation around downstream of large dams. *Environmental Earth Sciences*, 77, 1–17.
- Mustapha, A., & Abdu, A. (2012). Application of principal component analysis & multiple regression models in surface water quality assessment. *Journal of environment and earth science*, 2(2), 16–23.
- Nasrullah, N., & Kartiwa, B. (2010). Landuse Change Analysis in Relation to Hydrological Characteristic of Krueng Aceh Watershed. *Indonesian Soil and Climate Journal*, 31, 134339.
- Nduru, R. E., Situmorang, M., & Tarigan, G. (2014). Analisa faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produksi padi di Deli Serdang. *Saintia Matematika*, 2(1), 71–83.
- Nomor, P. P. R. I. (22M). Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. *Jakarta, Indonesia*.
- Nurmalita, M., & Syukri, M. (2013). Analisa Kekeruhan dan Kandungan Sedimen dan Kaitannya dengan Kondisi DAS Sungai Krueng Aceh. *Seminar Nasional Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Berbasis Masyarakat Menuju Hutan Aceh Berkelanjutan, Banda Aceh, 1*.
- Permenkes, R. I. (2010). Permenkes RI no. 492/Menkes/Per/IV/2010. *Tentang persyaratan kualitas air minum. Jakarta, Kementrian Kesehatan Republik Indonesia*.

- Puspitasari, D. E. (2009). Dampak pencemaran air terhadap kesehatan lingkungan dalam perspektif hukum lingkungan (Studi kasus sungai Code di Kelurahan Wirogunan Kecamatan Mergangsan dan Kelurahan Prawirodirjan Kecamatan Gondomanan Yogyakarta). *Mimbar Hukum-Fakultas Hukum Universitas Gadjah Mada*, 21(1), 23–34.
- Ramli, A. (2012). Mendapatkan Algoritma Menghitung Koefisien-koefisien Persamaan Regresi Linear Dua Variabel untuk Dikoding ke dalam Bahasa Pemrograman. *Jurnal Peluang*, 1(1), 1.
- Rasyid, R., Wildian, W., & Hendrizon, Y. (2013). Uji Sensitivitas Sudut Hamburan Kekeruhan Air Bersih Dari Rancang Bangun Alat Ukur Nephelometer. *Prosiding Semirata 2013*, 1(1).
- Rizki, A., & others. (2015). *Analisis kualitas air dan beban pencemaran di Danau Pondok Lapan Kecamatan Salapian Kabupaten Langkat*. Universitas Sumatera Utara.
- Sagala, R. U. (2019). Analisis Kualitas Air Sungai Gajah Wong Ditinjau Dari Konsentrasi Klorofil-a dan Indeks Pencemaran. *Undergraduate Thesis Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan MIPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta, Indonesia*.
- Schaub, J., Hunt, B. P. V, Pakhomov, E. A., Holmes, K., Lu, Y., & Quayle, L. (2018). Using unmanned aerial vehicles (UAVs) to measure jellyfish aggregations. *Marine Ecology Progress Series*, 591, 29–36.
- Setianto, H., & Fahrtsani, H. (2019). Faktor determinan yang berpengaruh terhadap pencemaran sungai musi kota Palembang. *Media Komunikasi Geografi*, 20(2), 186–198.
- Silalahi, H., Manaf, M., & others. (2017). *Status mutu kualitas air laut pantai maruni kabupaten manokwari*.
- Sitompul, N. I. A. (2021). *Aplikasi drone untuk mendeteksi daerah genangan banjir rob (studi kasus: kelurahan bagan deli, kecamatan medan belawan)*.
- Soegianto, A. (2004). Metode pendugaan pencemaran perairan dengan indikator

- biologis. *Airlangga University, Surabaya*.
- Sofarini, D. (2012). Keberadaan dan kelimpahan fitoplankton sebagai salah satu indikator kesuburan lingkungan perairan di Waduk Riam Kanan. *EnviroScienteeae*, 8(1), 30–34.
- Syahreza, S., Jafri, M. Z. M., San, L. H., Chun, B. B., & Mustapha, M. R. (2011). Remote sensing for mapping surface water quality in coastal area of Aceh, Indonesia: Sedimentation effects of the December 2004 tsunami. *Proceeding of the 2011 IEEE International Conference on Space Science and Communication (IconSpace)*, 239–242.
- Wallace, L., Lucieer, A., Watson, C., & Turner, D. (2012). Development of a UAV-LiDAR system with application to forest inventory. *Remote sensing*, 4(6), 1519–1543.
- Wang, J., & Li, C. (2008). Acquisition of UAV images and the application in 3D city modeling. *International Symposium on Photoelectronic Detection and Imaging 2007: Image Processing*, 6623, 280–290.
- Widiadmoko, W. (2013). Pemantauan kualitas air secara fisika dan kimia di perairan Teluk Hurun. *Bandar Lampung: Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut (BBPBL) Lampung*.
- Wolf, P. R. (1993). *Elemen Fotogrametri: Dengan Intepretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh* (Yogyakarta. Gajah Mada University Press) Go to reference in article.
- Zhang, Y., Xiong, J., & Hao, L. (2011). Photogrammetric processing of low-altitude images acquired by unpiloted aerial vehicles. *The Photogrammetric Record*, 26(134), 190–211.
- Zuhary, M. I., Ningsih, E. N., & Aryawati, R. (2021). *Pola Sebaran Klorofil-a Menggunakan Citra Sentinel-2a Di Perairan Muara Sungai Musi Provinsi Sumatera Selatan*. Sriwijaya University.

## LAMPIRAN

**Lampiran. 1** Hasil Pengukuran Parameter Kualitas Air

Titik Sampel	Titik koordinat	Titik koordinat	TDS mg/L	Turbiditas (NTU)	<i>Secchi</i>		
	Latitude	Longitude			Disk (cm)	pH	Suhu
1	05°33'30.45"	095°19'4.45"	110	77,7	20	8,7	27,6
2	05°33'30.56"	095°19'5.26"	111	79	22	8,5	28,3
3	05°33'31.01"	095°19'5.84"	117	97,9	21	8,6	28,1
4	05°33'35.79"	095°19'4.92"	115	102,6	23	8,5	28,4
5	05°33'36.15"	095°19'5.65"	101	96	20	8	28,6
6	05°33'36.58"	095°19'6.15"	101	80	23	7,9	28,2
7	05°33'39.70"	095°19'6.28"	115	62,9	22	8,1	28,5
8	05°33'40.18"	095°19'5.68"	113	79	24	8,1	27,8
9	05°33'40.77"	095°19'5.04"	114	70	21	7,8	29,3
10	05°33'42.33"	095°19'5.89"	115	73,2	23	5,8	29,5
11	05°33'43.17"	095°19'5.37"	114	91,4	20	6,5	28,7
12	05°33'43.66"	095°19'4.96"	117	74	24	6,1	28,9
13	05°33'48.13"	095°19'5.87"	83	104	26	6,7	29,7
14	05°33'48.39"	095°19'5.15"	116	99,7	21	6,3	28,8
15	05°33'48.98"	095°19'4.50"	84	95,5	21	6,1	30,4
16	05°33'53.11"	095°19'4.10"	116	79	22	6,9	29,7

Titik Sampel	Titik	Titik	TDS mg/L	Turbiditas (NTU)	Secchi		
	koordinat Latitude	koordinat Longitude			Disk (cm)	pH	Suhu
17	05°33'52.60"	095°19'4.68"	81	101	23	8,5	29,5
18	05°33'52.70"	095°19'5.32"	115	98,8	20	8,2	29,6
19	05°33'57.59"	095°19'5.02"	82	100,2	22	8,5	29,8
20	05°33'58.08"	095°19'4.47"	81	72,3	23	8,7	29,4
21	05°33'58.49"	095°19'3.72"	82	79,7	22	8,4	29,7
22	05°34'3.86"	095°19'4.57"	116	80,1	21	8,1	29,3
23	05°34'4.36"	095°19'5.44"	115	104	20	8	28,5
24	05°34'4.02"	095°19'5.74"	81	99,4	21	8,1	28,2
25	05°34'7.83"	095°19'7.64"	81	79,8	23	8,3	28,3
26	05°34'8.40"	095°19'7.55"	85	97,8	25	8,5	27,9
27	05°34'9.28"	095°19'7.49"	82	98	20	8,1	27,5
28	05°34'11.75"	095°19'12.17"	81	105	23	8,2	27,7
29	05°34'12.43"	095°19'12.41"	116	102	24	8,2	27,8
30	05°34'12.95"	095°19'12.82"	116	80,2	20	8,1	27,6
31	05°34'13.93"	095°19'17.79"	117	82	23	7,8	28,4
32	05°34'14.25"	095°19'16.96"	115	79,8	24	8,6	28,7
33	05°34'14.73"	095°19'16.71"	117	76	24	8,5	28,8
34	05°34'18.37"	095°19'21.87"	118	65	26	8,3	29,9

Titik Sampel	Titik	Titik	TDS mg/L	Turbiditas (NTU)	Secchi		
	koordinat Latitude	koordinat Longitude			Disk (cm)	pH	Suhu
35	05°34'18.68"	095°19'22.64"	119	65,9	23	8,1	28,9
36	05°34'19.16"	095°19'23.33"	121	73	25	8	29,5
37	05°34'24.81"	095°19'22.28"	122	75	23	8,2	29,6
38	05°34'25.61"	095°19'22.88"	121	54	33	8,1	29,7
39	05°34'26.32"	095°19'23.60"	122	51,5	27	8,3	29,3
40	05°34'31.35"	095°19'23.10"	121	58,3	26	7,7	28,5
41	05°34'31.70"	095°19'22.44"	124	60,7	25	7,8	28,7
42	05°34'31.99"	095°19'21.64"	126	64,1	29	8,1	28,8
43	05°34'37.64"	095°19'19.67"	119	90,7	22	8,3	28,3
44	05°34'37.77"	095°19'18.50"	120	65,3	32	7,9	28,5
45	05°34'37.76"	095°19'17.35"	119	77,4	21	8,2	28,9
46	05°34'42.17"	095°19'13.22"	118	90	24	8,1	29,1
47	05°34'42.09"	095°19'12.19"	117	65,2	25	8,1	29,3
48	05°34'41.33"	095°19'11.15"	118	50	29	7,8	29,2
49	05°34'44.98"	095°19'8.15"	118	49,7	35	8,1	28,8
50	05°34'44.47"	095°19'7.28"	134	57,9	23	8,3	29,2
51	05°34'43.93"	095°19'6.18"	128	54,1	27	7,9	29,8
52	05°34'47.63"	095°19'2.86"	122	67,9	24	8,2	29,7

Titik Sampel	Titik	Titik	TDS mg/L	Turbiditas (NTU)	Secchi		
	koordinat Latitude	koordinat Longitude			Disk (cm)	pH	Suhu
53	05°34'47.26"	095°19'2.03"	124	52,6	28	8,1	29,6
54	05°34'46.79"	095°19'1.25"	122	55	26	8,1	29,4
55	05°34'48.80"	095°18'58.43"	130	60,2	25	8	28,6
56	05°34'50.16"	095°18'58.49"	140	48,9	36	8,1	28,7
57	05°34'50.95"	095°18'59.36"	142	51	33	8	28,9
58	05°34'54.44"	095°18'57.30"	156	54,7	31	7,9	28,1
59	05°34'54.47"	095°18'56.33"	197	44,5	34	7,9	27,7
60	05°34'54.84"	095°18'55.04"	193	59,3	30	7,9	28,3

### Lampiran. 2 Pengolahan Data Drone Menggunakan Agisoft

1. Buka perangkat lunak Agisoft Metashape dan buat proyek baru. Pilih menu File > New.
2. Tambahkan citra ke proyek baru dengan memilih menu Workflow > Add Photos atau menggunakan tombol + di bagian atas layar. Pilih citra udara yang ingin digunakan.
3. Selanjutnya, lakukan pengaturan pada menu Calibration. Pilih foto yang ingin dikalibrasi dan klik tombol Calibrate. Setelah itu, pilih menu Tools > Detect Matches untuk mendeteksi titik-titik yang sama pada citra.
4. Setelah itu, lakukan penyusunan citra dengan cara memilih menu Workflow > Align Photos. Pilih opsi "High" untuk akurasi yang lebih baik.

5. Setelah citra terkalibrasi dan tersusun, Anda dapat membangun model 3D dengan memilih menu Workflow > Build Dense Cloud. Anda dapat memilih opsi "Ultra High" untuk akurasi yang lebih tinggi.
6. Setelah model 3D terbangun, lakukan pemotongan (cropping) dengan memilih menu Workflow > Build Orthomosaic. Pilih area yang ingin dipotong dan atur resolusi output.
7. Setelah pengaturan selesai, klik Build untuk memulai proses. Setelah selesai, hasil orthophoto dapat diekspor ke berbagai format file, seperti TIFF atau JPEG.
8. Cek hasil orthophoto dan lakukan koreksi jika perlu dengan menggunakan menu Editing.
9. Setelah semua selesai, ekspor hasil orthophoto ke dalam format yang sesuai dengan kebutuhan proyek.

**Lampiran. 3** Langkah-langkah Medapatkan Data RGB Menggunakan Qgis

1. Klik open data source manager
2. Klik raster dataset > pilih data yang di petakan > klik add > Ok
3. Klik Identify Features > klik gambar sesuai titik koordinat > selesai

**Lampiran. 4** Hasil Analisis Citra Udara

Titik Sampel	Titik koordinat Latitude	Titik koordinat Longitude	RED	GREEN	BLUE
1	05°33'30.45"	095°19'4.45"	228	215	202
2	05°33'30.56"	095°19'5.26"	228	218	206
3	05°33'31.01"	095°19'5.84"	229	218	204
4	05°33'35.79"	095°19'4.92"	235	223	204
5	05°33'36.15"	095°19'5.65"	233	221	205



<b>Titik Sampel</b>	<b>Titik koordinat Latitude</b>	<b>Titik koordinat Longitude</b>	<b>RED</b>	<b>GREEN</b>	<b>BLUE</b>
6	05°33'36.58"	095°19'6.15"	229	215	199
7	05°33'39.70"	095°19'6.28"	225	214	199
8	05°33'40.18"	095°19'5.68"	223	210	200
9	05°33'40.77"	095°19'5.04"	224	211	196
10	05°33'42.33"	095°19'5.89"	229	215	202
11	05°33'43.17"	095°19'5.37"	229	218	198
12	05°33'43.66"	095°19'4.96"	221	208	189
13	05°33'48.13"	095°19'5.87"	234	221	211
14	05°33'48.39"	095°19'5.15"	237	224	212
15	05°33'48.98"	095°19'4.50"	233	220	210
16	05°33'53.11"	095°19'4.10"	230	218	208
17	05°33'52.60"	095°19'4.68"	236	221	207
18	05°33'52.70"	095°19'5.32"	236	222	214
19	05°33'57.59"	095°19'5.02"	235	221	208
20	05°33'58.08"	095°19'4.47"	230	218	205
21	05°33'58.49"	095°19'3.72"	230	216	206
22	05°34'3.86"	095°19'4.57"	233	221	206
23	05°34'4.36"	095°19'5.44"	240	222	213
24	05°34'4.02"	095°19'5.74"	236	224	211

<b>Titik Sampel</b>	<b>Titik koordinat Latitude</b>	<b>Titik koordinat Longitude</b>	<b>RED</b>	<b>GREEN</b>	<b>BLUE</b>
25	05°34'7.83"	095°19'7.64"	233	219	208
26	05°34'8.40"	095°19'7.55"	235	223	212
27	05°34'9.28"	095°19'7.49"	234	216	206
28	05°34'11.75"	095°19'12.17"	240	226	212
29	05°34'12.43"	095°19'12.41"	235	222	211
30	05°34'12.95"	095°19'12.82"	234	218	208
31	05°34'13.93"	095°19'17.79"	234	224	213
32	05°34'14.25"	095°19'16.96"	232	219	210
33	05°34'14.73"	095°19'16.71"	229	215	205
34	05°34'18.37"	095°19'21.87"	226	217	203
35	05°34'18.68"	095°19'22.64"	227	214	202
36	05°34'19.16"	095°19'23.33"	231	219	207
37	05°34'24.81"	095°19'22.28"	230	215	203
38	05°34'25.61"	095°19'22.88"	223	211	200
39	05°34'26.32"	095°19'23.60"	220	209	198
40	05°34'31.35"	095°19'23.10"	223	210	199
41	05°34'31.70"	095°19'22.44"	225	212	197
42	05°34'31.99"	095°19'21.64"	223	213	199
43	05°34'37.64"	095°19'19.67"	234	211	195

<b>Titik Sampel</b>	<b>Titik koordinat Latitude</b>	<b>Titik koordinat Longitude</b>	<b>RED</b>	<b>GREEN</b>	<b>BLUE</b>
44	05°34'37.77"	095°19'18.50"	228	216	202
45	05°34'37.76"	095°19'17.35"	223	211	196
46	05°34'42.17"	095°19'13.22"	233	207	194
47	05°34'42.09"	095°19'12.19"	218	210	196
48	05°34'41.33"	095°19'11.15"	202	192	185
49	05°34'44.98"	095°19'8.15"	203	193	184
50	05°34'44.47"	095°19'7.28"	204	197	189
51	05°34'43.93"	095°19'6.18"	200	196	186
52	05°34'47.63"	095°19'2.86"	225	193	184
53	05°34'47.26"	095°19'2.03"	200	194	186
54	05°34'46.79"	095°19'1.25"	201	196	191
55	05°34'48.80"	095°18'58.43"	207	202	196
56	05°34'50.16"	095°18'58.49"	186	183	178
57	05°34'50.95"	095°18'59.36"	195	188	179
58	05°34'54.44"	095°18'57.30"	180	177	172
59	05°34'54.47"	095°18'56.33"	183	181	179
60	05°34'54.84"	095°18'55.04"	184	183	183

**Lampiran. 5** Analisis Perhitungan Nilai RMSE

Titik	TDS Observasi	TDS Prediksi	Observasi - Prediksi	Observasi - Prediksi <sup>2</sup>
1	110	109,744	0,256	0,07
2	111	109,744	1,256	1,58
3	117	108,642	8,358	69,86
4	115	102,03	12,97	168,22
5	101	104,234	-3,234	10,46
6	101	108,642	-7,642	58,40
7	115	113,05	1,95	3,80
8	113	115,254	-2,254	5,08
9	114	114,152	-0,152	0,02
10	115	108,642	6,358	40,42
11	114	108,642	5,358	28,71
12	117	117,458	-0,458	0,21
13	83	103,132	-20,132	405,30
14	116	99,826	16,174	261,60
15	84	104,234	-20,234	409,41
16	116	107,54	8,46	71,57
17	81	100,928	-19,928	397,13
18	115	100,928	14,072	198,02

Titik	TDS Observasi	TDS Prediksi	Observasi - Prediksi	Observasi - Prediksi <sup>2</sup>
19	82	102,03	-20,03	401,20
20	81	107,54	-26,54	704,37
21	82	107,54	-25,54	652,29
22	116	104,234	11,766	138,44
23	115	96,52	18,48	341,51
24	81	100,928	-19,928	397,13
25	81	104,234	-23,234	539,82
26	85	102,03	-17,03	290,02
27	82	103,132	-21,132	446,56
28	81	96,52	-15,52	240,87
29	116	102,03	13,97	195,16
30	116	103,132	12,868	165,59
31	117	103,132	13,868	192,32
32	115	105,336	9,664	93,39
33	117	108,642	8,358	69,86
34	118	111,948	6,052	36,63
35	119	110,846	8,154	66,49
36	121	106,438	14,562	212,05
37	122	107,54	14,46	209,09

Titik	TDS Observasi	TDS Prediksi	Observasi - Prediksi	Observasi - Prediksi <sup>2</sup>
38	121	115,254	5,746	33,02
39	122	118,56	3,44	11,83
40	121	115,254	5,746	33,02
41	124	113,05	10,95	119,90
42	126	115,254	10,746	115,48
43	119	103,132	15,868	251,79
44	120	109,744	10,256	105,19
45	119	115,254	3,746	14,03
46	118	104,234	13,766	189,50
47	117	120,764	-3,764	14,17
48	118	138,396	-20,396	416,00
49	118	137,294	-19,294	372,26
50	134	136,192	-2,192	4,80
51	128	140,6	-12,6	158,76
52	122	113,05	8,95	80,10
53	124	140,6	-16,6	275,56
54	122	139,498	-17,498	306,18
55	130	132,886	-2,886	8,33
56	140	156,028	-16,028	256,90

Titik	TDS Observasi	TDS Prediksi	Observasi - Prediksi	Observasi - Prediksi <sup>2</sup>
57	142	146,11	-4,11	16,89
58	156	162,64	-6,64	44,09
59	197	159,334	37,666	1418,73
60	193	158,232	34,768	1208,81
<b>Total</b>				<b>12977,98</b>
<b>RMSE</b>				<b>14,71</b>

**Lampiran. 6** Pengolahan Peta Kualitas Air Menggunakan Qgis

4. Klik open data source manager
5. Klik raster dataset > pilih data yang di petakan > klik add > Ok
6. Klik raster > pilih raster calculator > masukan nilai persamaan > klik sesuai band > save > klik Ok
7. Klik kanan pada data > pilih properties > symbology > singleband pseudocolor > masukan nilai band > Sesuaikan warna

**Lampiran. 7** Dokumentasi Pengambilan Sampel



Pengambilan Data Lapangan Menggunakan Perahu/Boat



GPS Berfungsi Untuk Menentukan Titik Sampel Atau Koordinat Sampel Lapangan



Pengambilan Sampel Air Sungai Krueng Aceh



Pengukuran Kualitas Air Menggunakan Secchi Disk





Proses Menentukan Titik Lokasi  
Pengambilan Sampel Menggunakan GPS



Pengambilan Sampel dan Pencatatan Data  
Lapangan



Penentuan Pengambilan Sampel Air



Proses Perjalanan Pulang Pengambilan  
Sampel Air

**Lampiran. 8** Dokumentasi Analisis Laboratorium



Sampel Sungai Krueng Aceh



Proses Pengukuran Sampel Sungai Krueng Aceh



Proses Penuangan Sampel Kedalam Botol  
Lutron Turbidimeter



Pengukuran kekeruhan dengan menggunakan  
Turbidimeter



Proses pengukuran Total Dissolved solid menggunakan TDS meter



Hasil Pengukuran Parameter Kekeruhan (NTU) Menggunakan Turbidimeter



**Lampiran. 9** Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021



PRESIDEN  
REPUBLIK INDONESIA

LAMPIRAN VI  
PERATURAN PEMERINTAH REPUBLIK INDONESIA  
NOMOR 22 TAHUN 2021  
TENTANG  
PENYELENGGARAAN PERLINDUNGAN DAN  
PENGELOLAAN LINGKUNGAN HIDUP

BAKU MUTU AIR NASIONAL

I. BAKU MUTU AIR SUNGAI DAN SEJENISNYA

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
1.	Temperatur	°C	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Dev 3	Perbedaan dengan suhu udara di atas permukaan air
2.	Padatan terlarut total (TDS)	mg/L	1.000	1.000	1.000	2.000	Tidak berlaku untuk muara
3.	Padatan tersuspensi total (TSS)	mg/L	40	50	100	400	
4.	Warna	Pt-Co Unit	15	50	100	-	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
5.	Derajat keasaman (pH)		6-9	6-9	6-9	6-9	Tidak berlaku untuk air gambut (berdasarkan kondisi alaminya)
6.	Kebutuhan oksigen biokimiawi (BOD)	mg/L	2	3	6	12	

7. Kebutuhan . . .

SK No 097089 A



PRESIDEN  
REPUBLIK INDONESIA

- 2 -

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
7.	Kebutuhan oksigen kimiawi (COD)	mg/L	10	25	40	80	
8.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	6	4	3	1	Batas minimal
9.	Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	mg/L	300	300	300	400	
10.	Klorida (Cl <sup>-</sup> )	mg/L	300	300	300	600	
11.	Nitrat (sebagai N)	mg/L	10	10	20	20	
12.	Nitrit (sebagai N)	mg/L	0,06	0,06	0,06	-	
13.	Amoniak (sebagai N)	mg/L	0,1	0,2	0,5	-	
14.	Total Nitrogen	mg/L	15	15	25	-	
15.	Total Fosfat (sebagai P)	mg/L	0,2	0,2	1,0	-	
16.	Fluorida (F <sup>-</sup> )	mg/L	1	1,5	1,5	-	
17.	Belerang sebagai H <sub>2</sub> S	mg/L	0,002	0,002	0,002	-	
18.	Sianida (CN <sup>-</sup> )	mg/L	0,02	0,02	0,02	-	
19.	Klorin bebas	mg/L	0,03	0,03	0,03	-	Bagi air baku air minum tidak dipersyaratkan
20.	Barium (Ba) terlarut	mg/L	1,0	-	-	-	
21.	Boron (B) terlarut	mg/L	1,0	1,0	1,0	1,0	
22.	Merkuri (Hg) terlarut	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,005	
23.	Arsen (As) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10	
24.	Selenium (Se) terlarut	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	
25.	Besi (Fe) terlarut	mg/L	0,3	-	-	-	
26.	Kadmium (Cd) terlarut	mg/L	0,01	0,01	0,01	0,01	

27. Kobalt . . .

SK No 065355 A



PRESIDEN  
REPUBLIK INDONESIA

- 3 -

No	Parameter	Unit	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 4	Keterangan
27.	Kobalt (Co) terlarut	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
28.	Mangan (Mn) terlarut	mg/L	0,1	-	-	-	
29.	Nikel (Ni) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1	
30.	Seng (Zn) terlarut	mg/L	0,05	0,05	0,05	2	
31.	Tembaga (Cu) terlarut	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,2	
32.	Timbal (Pb) terlarut	mg/L	0,03	0,03	0,03	0,5	
33.	Kromium heksavalen (Cr- (VI))	mg/L	0,05	0,05	0,05	1	
34.	Minyak dan lemak	mg/L	1	1	1	10	
35.	Deterjen total	mg/L	0,2	0,2	0,2	-	
36.	Fenol	mg/L	0,002	0,005	0,01	0,02	
37.	Aldrin/ Dieldrin	µg/L	17	-	-	-	
38.	BHC	µg/L	210	210	210	-	
39.	Chlordane	µg/L	3	-	-	-	
40.	DDT	µg/L	2	2	2	2	
41.	Endrin	µg/L	1	4	4	-	
42.	Heptachlor	µg/L	18	-	-	-	
43.	Lindane	µg/L	56	-	-	-	
44.	Methoxychlor	µg/L	35	-	-	-	
45.	Toxapan	µg/L	5	-	-	-	
46.	Fecal Coliform	MPN/100 mL	100	1.000	2.000	2.000	
47.	Total Coliform	MPN/100 mL	1.000	5.000	10.000	10.000	
48.	Sampah		nihil	nihil	nihil	nihil	
49.	Radioaktivitas						
	Gross-A	Bq/L	0,1	0,1	0,1	0,1	
	Gross-B	Bq/L	1	1	1	1	

II. BAKU . . .

SK No 065357 A



PRESIDEN  
REPUBLIK INDONESIA

- 7 -

**Keterangan:**

Kelas satu merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas dua merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanian, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas tiga merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

Kelas empat merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanian dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.

PRESIDEN REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

JOKO WIDODO

Salinan sesuai dengan aslinya

KEMENTERIAN SEKRETARIAT NEGARA  
REPUBLIK INDONESIA

Deputi Bidang Perundang-undangan dan  
Administrasi Hukum,



Silvanna Djaman

SK No 097107 A