

**EVALUASI NILAI *REMOVAL EFFICIENCY* PARAMETER Zn  
DAN BOD DI WWTP BLOK II UP MUARA KARANG, PROVINSI  
DKI JAKARTA**

**SKRIPSI**



Diajukan oleh  
**Mira Permata Sari**  
114200074 / TL

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UNIVERSITAS PEMBANGUNAN NASIONAL "VETERAN"  
YOGYAKARTA**

**2024**

SKRIPSI

EVALUASI NILAI *REMOVAL EFFICIENCY* PARAMETER Zn  
DAN BOD DI WWTP BLOK II UP MUARA KARANG,  
PROVINSI DKI JAKARTA

Disusun oleh

Mira Permata Sari  
114200074/TL

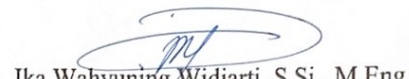
Telah dipertahankan di depan Tim Penguji Program Studi Teknik Lingkungan,  
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, UPN "Veteran"  
Yogyakarta

Pada Tanggal, 14 Agustus 2024  
Susunan Tim Penguji

Yogyakarta, 19 Agustus 2024  
Pembimbing

Yogyakarta, 19 Agustus 2024  
Ketua Tim Penguji


  
Titi Tiara Anastasia, S.T., M.Sc.  
NIP. 19911019 201903 2 025

  
Ika Wahyuning Widiarti, S.Si., M.Eng  
NIP. 19841005 201903 2 013

Yogyakarta, 19 Agustus 2024  
Anggota Tim Penguji I

Yogyakarta, 19 Agustus 2024  
Anggota Tim Penguji II

  
Dr. Widyawanto Prastistho, S.T., M.Eng  
NIP. 19830309 202203 1 001

  
Husna Muizzati Shabrina, S.T., M.T  
NIP. 19941107 202203 2 014

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1

Yogyakarta, 21 Agustus 2024  
Ketua Jurusan

  
Yohana Noradika Maharani, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 19820701 202203 2001

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, atas rahmat, karunia dan lindungan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat dalam meraih gelar sarjana teknik di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta. Dalam penyusunan skripsi ini penulis menyadari bahwa terdapat bantuan, bimbingan, dan dukungan dari semua pihak yang telah membantu, dengan hati yang tulus penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Yohana Noradika Maharani, S.T., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.
2. Ibu Titi Tiara Anasstasia, ST M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah bersedia memberikan bimbingan, arahan dan ilmunya kepada penulis.
3. Ibu Ika Wahyuning Widiarti, S.Si., M.Eng selaku ketua sidang yang telah bersedia memberikan arahan dan ilmunya kepada penulis.
4. Bapak Dr. Widyawanto Prastistho, S.T., M.Eng selaku dosen penguji I yang telah bersedia memberikan arahan dan ilmunya kepada penulis.
5. Ibu Husna Muizzati Shabrina, S.T., M.T selaku dosen penguji II yang telah bersedia memberikan arahan dan ilmunya kepada penulis.
6. Ibu Tania Revina, Bapak Suhendra Amka, dan Bapak Rizky selaku pembimbing di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang yang bersedia memberikan bimbingan, arahan dan ilmunya kepada penulis.
7. Orang tua saya yaitu Bapak Parmanta Puji Yuwana (Alm) dan Ibu Yeza Revnita tidak lupa kakak dan adik saya yang selalu mendukung penulis dalam segala kondisi, tanpa pamrih dan selalu berdoa untuk penulis,
8. Saudara-saudari Teknik Lingkungan angkatan 2020 yang selalu setia menemani penulis dan memberi masukan serta kritik dalam penyusunan skripsi ini

Akhir kata penulis berharap penelitian skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang membutuhkan termasuk penulis sendiri.

Yogyakarta, 14 Agustus 2024



Mira Permata Sari

## PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Mira Permata Sari  
NIM : 114200074  
Judul Skripsi : “*EVALUASI NILAI REMOVAL EFFICIENCY*  
*PARAMETER Zn DAN BOD DI WWTP BLOK II UP*  
*MUARA KARANG, PROVINSI DKI JAKARTA*”  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Fakultas : Teknologi Mineral  
Perguruan Tinggi : Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambil alih data, tulisan, atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya.

Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Yogyakarta, 14 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan



Mira Permata Sari

NIM 114200074

## DAFTAR ISI

|   |             |
|---|-------------|
| <b>JUDUL .....</b>  | <b>i</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>                                    | <b>ii</b>   |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>  | <b>iii</b>  |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN PENELITIAN.....</b>                        | <b>iv</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>  | <b>v</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>   | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR GAMBAR .....</b>  | <b>ix</b>   |
| <b>DAFTAR PETA.....</b>   | <b>x</b>    |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                                      | <b>xi</b>   |
| <b>INTISARI.....</b>  | <b>xii</b>  |
| <b>ABSTRACT .....</b>   | <b>xiii</b> |
| <b>BAB I.....</b>   | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang .....  | 1           |
| 1.2 Rumusan Masalah .....   | 3           |
| 1.3 Letak Lokasi Penelitian.....                                  | 4           |
| 1.4 Keaslian penelitian .....                                     | 4           |
| 1.5 Titik Lokasi Penelitian .....                                 | 13          |
| 1.6 Maksud dan Tujuan .....                                       | 13          |
| 1.6.1 Maksud Penelitian.....                                      | 13          |
| 1.6.2 Tujuan Penelitian.....                                      | 14          |
| 1.6.3 Manfaat Penelitian.....                                     | 14          |
| 1.7 Peraturan Perundang-Undangan.....                             | 14          |
| 1.8 Tinjauan Pustaka .....  | 16          |
| 1.8.1 Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap.....                  | 16          |
| 1.8.2 Limbah Cair.....  | 16          |
| 1.8.3 Limbah Cair Industri Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap..... | 17          |
| 1.8.4 <i>Waste Water Treatment Plant (WWTP)</i> .....             | 17          |
| 1.8.5.3 Flokulasi.....  | 20          |
| 1.8.7 Kualitas Air .....  | 24          |
| 1.8.7.1 Seng (Zn).....  | 25          |
| 1.8.7.2 <i>Biological Oxygen Demand (BOD)</i> .....               | 26          |
| 1.8.9.1 Batas Permasalahan.....                                   | 27          |
| 1.8.9.2 Batas Ekologis.....                                       | 27          |
| 1.8.9.3 Batas Sosial .....  | 27          |
| <b>BAB II .....</b>   | <b>30</b>   |

|                     |  |           |
|---------------------|--|-----------|
| 2.1                 | Lingkup Kegiatan Penelitian .....  | 30        |
| 2.2                 | Pengolahan Air Limbah.....   | 41        |
| 2.3                 | Lingkungan Hidup yang Terdampak .....  | 41        |
| 2.4                 | Kriteria, Indikator dan Asumsi Objek Penelitian .....                        | 42        |
| <b>BAB III.....</b> |  | <b>46</b> |
| 3.1                 | Jenis Metode Penelitian dan Parameter yang Digunakan .....                   | 46        |
| 3.1.1               | Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data.....                                  | 46        |
| 3.1.2               | Metode Survei dan Pemetaan .....   | 47        |
| 3.1.3               | Metode Sampling .....  | 47        |
| 3.1.4               | Metode Uji Laboratorium.....   | 48        |
| 3.1.5               | Metode Analisis dan Evaluasi .....   | 49        |
| 3.2                 | Lintasan Pemetaan dan Teknik Sampling.....                                   | 50        |
| 3.3                 | Perlengkapan Penelitian .....  | 53        |
| 3.4                 | Tahapan Penelitian .....   | 55        |
| 3.4.1               | Tahap Persiapan.....   | 55        |
| 3.4.2               | Tahap Lapangan I .....   | 57        |
| 3.4.3               | Tahap Studio.....  | 59        |
| 3.4.4               | Tahap Lapangan II.....   | 59        |
| 3.4.5               | Tahap Laboratorium .....   | 61        |
| 3.4.6               | Tahap Studio II .....  | 64        |
| 3.4.6.1             | Kerja Untuk Sajian Rona Lingkungan .....                                     | 64        |
| 3.4.6.2             | Kerja Untuk Sajian Evaluasi Hasil Penelitian.....                            | 65        |
| 3.4.7               | Tahap Kerja Akhir .....  | 66        |
| 3.4.7.1             | Evaluasi Kinerja Unit Berdasarkan Nilai <i>Removal Efficiency</i> .....      | 66        |
| 3.4.7.2             | Evaluasi Kualitas Air Laut Titik Penataan .....                              | 67        |
| 3.4.7.3             | Arahan Pengelolaan.....  | 67        |
| <b>BAB IV .....</b> |  | <b>69</b> |
| 4.1                 | Geofisik-Kimia.....  | 69        |
| 4.1.1               | Iklim .....  | 69        |
| 4.1.2               | Bentuklahan.....   | 72        |
| 4.1.3               | Tanah .....  | 76        |
| 4.1.4               | Batuan.....  | 78        |
| 4.1.5               | Tata Air .....   | 80        |
| 4.3                 | Biotis .....   | 82        |
| 4.2                 | Sosial .....   | 83        |
| <b>BAB V.....</b>   |  | <b>87</b> |
| 5.1                 | Nilai <i>Removal Efficiency</i> Kinerja Unit di WWTP Blok II UP Muara Karang | 87        |

|                                   |  |            |
|-----------------------------------|--|------------|
| 5.2                               | Kualitas Air Laut Akibat Adanya Pembuangan Air Limbah.....<br>Ditinjau Berdasarkan Baku Mutu KLHK.....       | 97         |
| 5.2                               | Evaluasi Dimensi Eksisting Unit WWTP Blok II Ditinjau Berdasarkan.....<br>Kriteria Desain .....              | 99         |
| 5.3                               | Arahan Pengelolaan di WWTP Blok II UP Muara Karang Berdasarkan.....<br>Nilai <i>Removal Efficiency</i> ..... | 109        |
| <b>BAB VI .....</b>               |  | <b>112</b> |
| <b>ARAHAN PENGELOLAAN .....</b>   |  | <b>112</b> |
| 6.1                               | Pendekatan Teknologi .....   | 112        |
| 6.2                               | Pendekatan Institusi.....  | 117        |
| <b>BAB VII.....</b>               |  | <b>120</b> |
| <b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b> |  | <b>120</b> |
| 7.1                               | Kesimpulan.....  | 120        |
| 7.2                               | Saran.....   | 121        |
| <b>PERISTILAHAN .....</b>         |  | <b>122</b> |
| <b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>        |  | <b>124</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>              |  | <b>129</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>              |  | <b>130</b> |

## DAFTAR TABEL

|  |    |
|--|----|
| Tabel 1.1 Keaslian Penelitian.....   | 7  |
| Tabel 1.2 Peraturan Perundang-Undangan.....  | 15 |
| Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Yang Diizinkan Dibuang Ke Laut.....                                   | 41 |
| Tabel 2.3 Kriteria, Indikator, dan Asumsi Objek Penelitian .....                                     | 43 |
| Tabel 3.1 Baku Mutu Air Limbah Yang Diizinkan Dibuang Ke Laut.....                                   | 48 |
| Tabel 3.2 Kriteria Desain <i>Waste Water Treatment Plant</i> .....                                   | 49 |
| Tabel 3.3 Kriteria Desain Bak Koagulasi.....   | 49 |
| Tabel 3.4 Kriteria Desain Bak Flokulasi .....  | 50 |
| Tabel 3.5 Kriteria Desain Bak <i>Clarifier</i> .....   | 50 |
| Tabel 3.6 Kriteria Desain <i>Sand Filter</i> .....   | 50 |
| Tabel 3.7 Lintasan Pemetaan.....   | 51 |
| Tabel 3.8 Perlengkapan Penelitian .....  | 53 |
| Tabel 3.9 Data Sekunder yang Dibutuhkan.....   | 56 |
| Tabel 3.10 Data Tahap Lapangan I.....  | 57 |
| Tabel 3.11 Parameter Baku Mutu Air Limbah Industri Pembangkit Listrik Tenaga...<br>Gas dan Uap ..... | 61 |
| Tabel 3.12 Parameter Baku Mutu Air Laut Limbah Hasil Pengolahan.....                                 | 62 |
| Tabel 3.13, Alat dan Bahan Penelitian .....  | 63 |
| Tabel 3.14 Klasifikasi Iklim Menurut Schmidt-Ferguson.....   | 64 |
| Tabel 3.15 Parameter Baku Mutu Air Limbah Yang Dibuang Ke Laut .....                                 | 66 |
| Tabel 4.2 Klasifikasi Schmidt dan Ferguson (1951) .....  | 70 |
| Tabel 4.3 Jumlah dan Rerata Bulan Kering, Bulan Lembab dan Bulan Basah.....                          | 70 |
| Tabel 4.4 Tipe Iklim Berdasarkan Schmidt dan Ferguson (1951).....                                    | 71 |
| Tabel 4.5 Jenis Flora Daerah Penelitian .....  | 82 |
| Tabel 4.6 Jenis Fauna Daerah Penelitian.....   | 83 |
| Tabel 5.1 Nilai <i>Removal Efficiency</i> Parameter Zn .....   | 88 |
| Tabel 5.2 Nilai <i>Removal Efficiency</i> Parameter BOD .....  | 88 |



## DAFTAR GAMBAR

|  |     |
|--|-----|
| Gambar 2.7 Unit <i>Clarifier</i> .....   | 37  |
| Gambar 2.8 Unit <i>Neutralizing Pit</i> .....  | 37  |
| Gambar 2.10 Unit <i>Sand Filter</i> .....  | 39  |
| Gambar 2.11 Unit <i>Effluent</i> .....   | 40  |
| Gambar 2.8 Kerangka Alur Pikir Penelitian .....  | 45  |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian .....   | 55  |
| Gambar 4.1 Grafik Rerata Curah Hujan Tahun 2013-2022 .....   | 71  |
| Gambar 4.2 Bentuklahan Antropogenik.....   | 73  |
| Gambar 4.3 Tanah Pasir Lempungan dan Lempung Pasiran Pada LP5 .....                                | 76  |
| Gambar 4.4 WWTP.....   | 81  |
| Gambar 4.5 Laut Teluk Jakarta .....  | 81  |
| Gambar 4.15 <i>Mangifera Indica (Mangga)</i> Pada LP1 .....  | 82  |
| Gambar 4.16 <i>Citrus (Jeruk)</i> Pada LP2.....  | 82  |
| Gambar 4.17 Kucing ( <i>Felis silvestris</i> ) .....   | 83  |
| Gambar 5.1 Neraca Nilai <i>Removal Efficiency</i> Air Limbah WWTP Blok II Muara....<br>Karang..... | 96  |
| Gambar 6.1 Rancangan Unit <i>Oxidation Pit</i> di WWTP BLOK II UP Muara Karang.....<br>.....       | 115 |
| Gambar 6.2 Rancangan Unit <i>Oxidation Pit</i> di WWTP BLOK II UP Muara Karang.....<br>.....       | 115 |
| Gambar 6.3 Rancangan Unit Flokulasi di WWTP BLOK II UP Muara Karang .....                          | 117 |
| Gambar 6.1 Diagram Alir Upaya Pengelolaan Lingkungan .....   | 118 |

## DAFTAR PETA

|   |     |
|---|-----|
| Peta 1.1 Peta Batas Administrasi.....                 | 6   |
| Peta 2.1 Peta Batas Penelitian .....                  | 44  |
| Peta 2.1 Peta Kondisi Eksisting .....                 | 44  |
| Peta 3.1 Peta Lintasan Penelitian .....               | 52  |
| Peta 4.1 Peta Topografi Daerah Penelitian.....        | 74  |
| Peta 4.2 Peta Bentuklahan Daerah Penelitian .....     | 75  |
| Peta 4.3 Peta Jenis Tanah Penelitian .....            | 77  |
| Peta 4.4 Peta Jenis Batuan Penelitian.....            | 79  |
| Peta 4.5 Peta Penggunaan Lahan Daerah Penelitian..... | 76  |
| Peta 5.1 Peta Arah Pengelolaan.....                   | 111 |

## **DAFTAR LAMPIRAN**

LAMPIRAN I Peta Rupa Bumi Indonesia Lembar DKI Jakarta 1209-441 Skala  
1:25.000

LAMPIRAN II Peta Geologi Regional Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu

LAMPIRAN III Peta Geologi Teknik JABODETABEKPUNJUR Skala 1:1.000.000

LAMPIRAN IV Perhitungan Nilai *Removal Efficiency* Parameter Zn dan BOD

LAMPIRAN V Perhitungan Evaluasi Dimensi Eksisting Unit Berdasarkan Kriteria  
Desain

LAMPIRAN VI Perhitungan Redesain Unit WWTP Berdasarkan Kriteria Desain

# EVALUASI NILAI *REMOVAL EFFICIENCY* PARAMETER Zn DAN BOD DI WWTP BLOK II UP MUARA KARANG, PROVINSI DKI JAKARTA

Oleh:

**Mira Permata Sari**

114190037

## INTISARI

PLTGU (Pusat Listrik Tenaga Uap dan Gas) UP Muara Karang memanfaatkan air laut sebagai bahan baku utama dalam produksi listrik. Air limbah hasil dari kegiatan produksi harus melewati tahapan pengolahan sebelum dikembalikan ke lingkungan yaitu WWTP (*Waste Water Treatment Plant*) yang sesuai dengan beban pencemar air limbah. Pentingnya melakukan analisis kualitas air limbah yang masuk di WWTP dan air limbah hasil pengolahan PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang menjadi krusial mengingat air limbah yang akan dibuang ke laut harus memenuhi standar regulasi. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis nilai *removal efficiency* kinerja unit WWTP dengan parameter Zn dan BOD, menganalisis kualitas air laut akibat adanya pembuangan air limbah PLTGU yang ditinjau berdasarkan baku mutu Izin Pembuangan Air Limbah, menganalisis kesesuaian dimensi unit di WWTP Blok II yang ditinjau berdasarkan kriteria desain, dan memberikan arahan pengelolaan di WWTP Blok II.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kualitatif yang dilakukan meliputi survei dan pemetaan lapangan. Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *Grab Sampling* dan *Composit Sampling*. Metode kuantitatif dilakukan meliputi uji laboratorium dan analisis nilai *removal efficiency* dengan menggunakan parameter Zn dan BOD serta melakukan evaluasi dimensi eksisting unit WWTP sehingga mengetahui apakah unit WWTP Blok II telah efektif dalam menurunkan beban pencemar di dalam air limbah.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa unit *oxidation pit* dan flokulasi di WWTP Blok II tidak efisien dalam menurunkan konsentrasi Zn dan BOD yang ditandai dengan nilai *removal efficiency* < 0% dengan nilai pada unit *oxidation pit* parameter BOD - 41% dan pada unit flokulasi parameter Zn -16%. Hasil evaluasi dimensi eksisting unit WWTP Blok II menunjukkan unit *oxidation pit* dan flokulasi belum sesuai dengan kriteria desain. Terdapat dua arahan pengelolaan yang direkomendasikan yaitu dengan menggunakan pendekatan teknologi dan pendekatan institusi. Arahan dengan pendekatan teknologi dilakukan dengan memberikan rekomendasi redesain pada unit *oxidation pit* dengan perencanaan panjang sisi bak 2,3 m; lebar 3,987 m; dan tinggi 1,8 m serta debit aliran air limbah 150 m<sup>3</sup>/hari dan unit flokulasi dengan perencanaan diameter 1,4 m dan tinggi 1,5 m serta debit aliran air limbah 150 m<sup>3</sup>/hari. Arahan pendekatan institusi dengan kerja sama pihak perusahaan dan pihak pemerintahan dengan memberikan panduan dalam pengelolaan unit di WWTP Blok II.

**Kata Kunci:** *Removal Efficiency*; Limbah Cair; *Waste Water Treatment Plant*

**EVALUATION OF REMOVAL EFFICIENCY VALUES FOR ZN AND BOD  
PARAMETERS IN WWTP BLOCK II UP MUARA KARANG, DKI JAKARTA  
PROVINCE**

By:

**Mira Permata Sari**

114200074

**ABSTRACT**

*PLTGU (Combined Cycle Power Plant) UP Muara Karang utilizes seawater as the primary raw material for electricity production. The wastewater generated from production activities must undergo treatment before being discharged back into the environment, specifically through a WWTP (Waste Water Treatment Plant) that aligns with the pollutant load of the wastewater. It is crucial to analyze the quality of the wastewater entering the WWTP and the treated wastewater discharged by PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang to ensure compliance with regulatory standards. The aim of this research is to analyze the removal efficiency of WWTP units using Zn and BOD parameters, assess the quality of seawater affected by the discharge of wastewater from PLTGU based on the standards of the Wastewater Disposal Permit, evaluate the suitability of unit dimensions in WWTP Block II according to design criteria, and provide management recommendations for WWTP Block II.*

*The research employs both qualitative and quantitative methods. The qualitative methods include surveys and field mapping, while sample collection is conducted using Grab Sampling and Composite Sampling methods. The quantitative methods involve laboratory testing and analysis of removal efficiency using Zn and BOD parameters, as well as evaluating the existing dimensions of WWTP units to determine whether WWTP Block II has been effective in reducing pollutant loads in the wastewater.*

*The results indicate that the oxidation pit and flocculation units in WWTP Block II are inefficient in reducing Zn and BOD concentrations, as evidenced by removal efficiency values of  $< 0\%$ . Specifically, the oxidation pit shows a BOD removal efficiency of  $-41\%$ , and the flocculation unit shows a Zn removal efficiency of  $-16\%$ . The evaluation of the existing dimensions of WWTP Block II units reveals that the oxidation pit and flocculation units do not meet design criteria. Two management approaches are recommended: technological and institutional. The technological approach involves providing redesign recommendations for the oxidation pit with dimensions of 2.3 m in length, 3.987 m in width, and 1.8 m in height, accommodating a wastewater flow rate of 150 m<sup>3</sup>/day. The flocculation unit should be redesigned with a diameter of 1.4 m and a height of 1.5 m, also accommodating a flow rate of 150 m<sup>3</sup>/day. The institutional approach involves collaboration between the company and government agencies to provide guidelines for managing WWTP Block II units.*

**Keywords:** *Removal Efficiency; Liquid Waste; Waste Water Treatment Plant*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Energi listrik memiliki peran vital dalam berbagai aspek kehidupan dan mendukung kebutuhan serta aktivitas manusia. Permintaan energi listrik yang tiap tahunnya mengalami peningkatan sejalan dengan pertumbuhan ekonomi dan populasi di Indonesia. Pemerintah Indonesia terus berusaha meningkatkan pertumbuhan ekonomi dengan tujuan meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan mencapai kemandirian bangsa. Pertumbuhan ekonomi di negara ini sangat terkait dengan pengembangan infrastruktur, termasuk jalan raya, pelabuhan, jembatan, dan kelistrikan. Berbicara mengenai kelistrikan di Indonesia yang tiap tahunnya mengalami peningkatan pada jumlah konsumsi listrik perkapitanya pada tahun 2022 menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) jumlah perkapitanya mencapai 1.173 kWh per kapita. Peningkatan jumlah pemakaian atau konsumsi listrik akan berbanding lurus dengan produksi listrik di mana jika jumlah konsumsi listrik meningkat maka produksi listrik juga akan meningkat.

Perusahaan Listrik Negara (PLN Persero) berkomitmen untuk memastikan ketersediaan listrik yang terus-menerus dan mendistribusikannya ke seluruh wilayah Indonesia. Seiring dengan pertumbuhan kebutuhan listrik di Indonesia, terutama dalam kerangka interkoneksi Pembangkit Jawa-Bali, pemerintah merespon dengan merencanakan pembangunan Pusat Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU). PLTGU adalah teknologi yang menggabungkan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) dengan Pembangkit Listrik tenaga Uap (PLTU). Kapasitas 500 MW (Netto maksimum 500 MW) di Unit Pembangkit Muara Karang. Pengembangan PLTGU 500 MW di Muara

Karang menjadi sangat penting, tidak hanya karena dapat memberikan daya listrik bagi fasilitas penting negara (VVIP), seperti Istana Negara dan Gedung DPR/MPR, tetapi juga untuk memenuhi kebutuhan listrik yang terus meningkat di Jakarta. Proyek ini diarahkan untuk mendukung keberlanjutan infrastruktur kelistrikan dan memastikan pasokan energi yang andal di tengah pertumbuhan ekonomi yang pesat. PLTGU sendiri memanfaatkan air laut sebagai bahan baku utama dalam memproduksi listrik. Air laut nantinya akan di proses menjadi air tawar lalu digunakan untuk proses produksi maupun sebagai pencuci unit dalam PLTGU. Proses produksi tersebut nantinya akan menghasilkan limbah. Menurut Retnosari (2013) limbah merupakan buangan atau suatu yang tidak terpakai dapat berbentuk cair, gas, dan padat, dalam proses produksi di PLTGU salah satunya akan menghasilkan limbah cair yang berasal dari proses produksi maupun limbah cair domestik perusahaan.

Limbah hasil dari kegiatan produksi harus melewati tahapan pengolahan sebelum dilepaskan ke lingkungan. Salah satu upaya efektif yang dilakukan yaitu dengan Pembangunan *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) yang sesuai dengan beban pencemar dan karakteristik air limbah (Sari dan Yuniarto, 2016). Pengolahan air limbah pada industri PLTGU memiliki beberapa sarana pengolahan yaitu WWTP dan STP. WWTP adalah sarana pengolahan air limbah yang berasal dari proses produksi berupa cecceran minyak atau air yang terkontaminasi dari area gas turbin generator dan PLTU 4,5 yaitu dari regenerasi demin, *blowdown boiler*, cuci air *heater*, *chemical cleaning boiler*, dan limbah laboratorium. Air limbah domestik (*black water*) yang berasal dari toilet akan masuk ke STP.

Analisis pada kualitas air limbah yang masuk di WWTP dan air limbah hasil pengolahan di WWTP PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang menjadi krusial,

mengingat air limbah yang akan dibuang ke laut harus memenuhi standar kualitas yang sesuai dengan Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia SK 266/1/KLHK tahun 2020. Kualitas air limbah yang berada pada inlet WWTP PT. Nusantara Power UP Muara Karang masih belum memenuhi standar baku mutu, tetapi setelah masuk ke dalam proses pengolahan semua parameter telah sesuai dengan baku mutu. Adapun parameter yang dilakukan pemantauan di WWTP Blok II UP Muara Karang yakni TSS, pH, Minyak dan Lemak, Cu, Fe, Zn, Cr, BOD, COD, Amoniak, Total Coliform, dan Phospat.

Berdasarkan data hasil pengujian air limbah inlet dan outlet WWTP Blok II UP Muara Karang yang dilakukan secara berkala oleh perusahaan terdapat dua parameter yang sifatnya fluktuatif dan melebihi kadar baku mutu yang ditentukan. Parameter tersebut adalah Zn dan BOD. Berdasarkan permasalahan yang ada mengakibatkan perlunya dilakukan penelitian terkait kinerja pada masing-masing unit di WWTP Blok II agar mengetahui unit WWTP yang kurang optimal dalam mengelola air limbah sehingga perlu dilakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Nilai *Removal Efficiency* Parameter Zn dan BOD WWTP di WWTP Blok II UP Muara Karang, Provinsi DKI Jakarta”.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan juga penelitian yang telah dilakukan di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang. Pada instalasi pengolahan air limbah didapatkan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana nilai *Removal Efficiency* kinerja unit di WWTP Blok II UP Muara Karang berdasarkan parameter Zn dan BOD?



2. Bagaimana kualitas air laut akibat adanya pembuangan air limbah PLTGU yang ditinjau berdasarkan baku mutu Izin Pembuangan Air Limbah?
3. Bagaimana evaluasi dimensi eksisting unit WWTP Blok II ditinjau berdasarkan kriteria desain?
4. Bagaimana arahan pengelolaan di WWTP Blok II UP Muara Karang berdasarkan nilai *Removal Efficiency*?

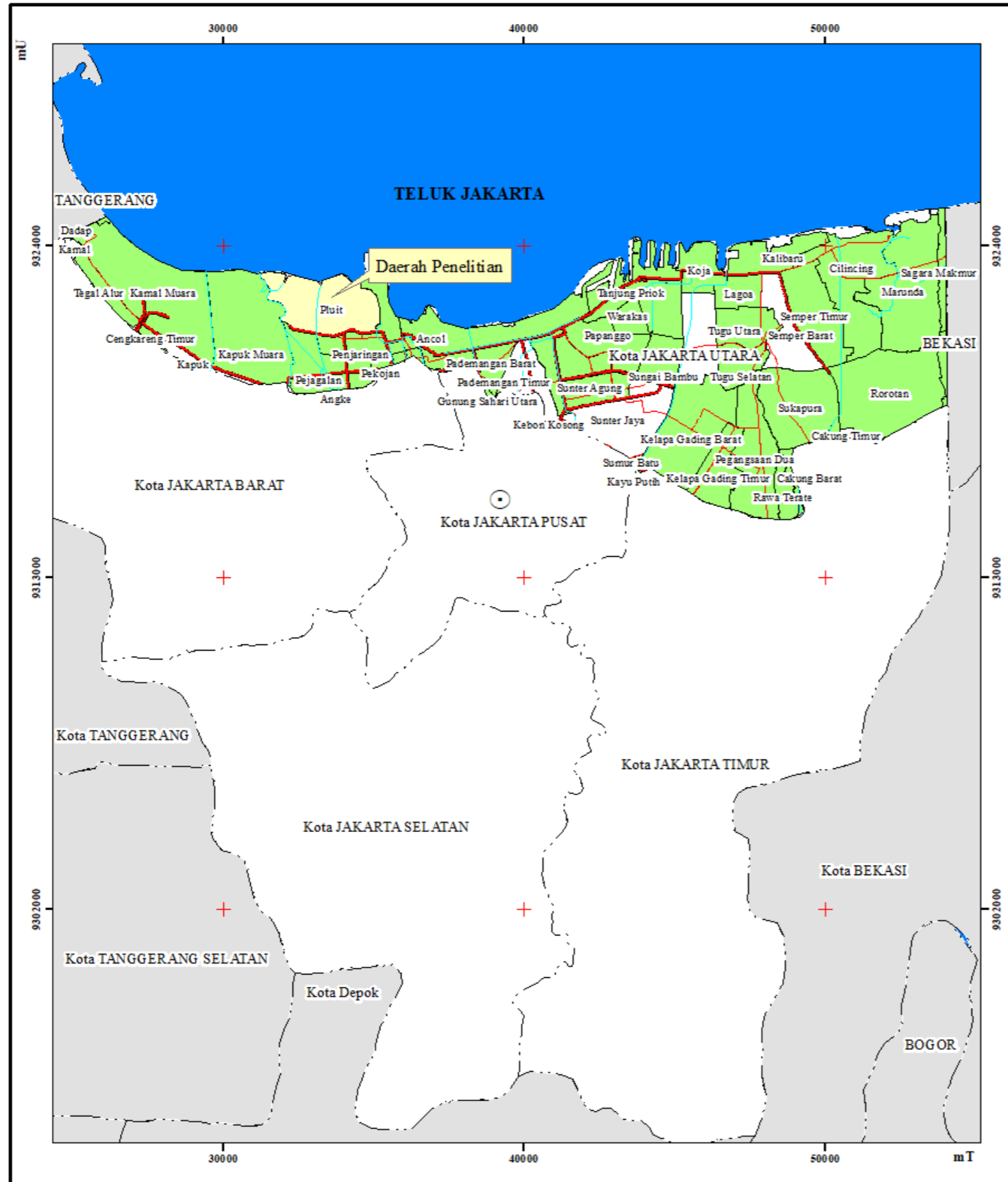
### **1.3 Letak Lokasi Penelitian**


Lokasi penelitian yaitu PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang terletak di Kelurahan Pluit, Kecamatan Penjaringan, Kota Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta. Lokasi dapat dilihat padat **Peta 1.1**. PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang terletak di ujung utara dari Provinsi DKI Jakarta dan berdampingan secara langsung dengan Pantai Mutiara. Lokasi penelitian ini berjarak sekitar 9 km dari Monumen Nasional yang terletak di Jl. Medan Merdeka Utara, Kecamatan Gambir, Kota Jakarta Pusat, DKI Jakarta.

### **1.4 Keaslian penelitian**

Berdasarkan parameter kualitas air yang sifatnya masih fluktuatif setelah dilakukannya pengolahan limbah cair. Parameter yang tinggi tersebut jika tidak dilakukan pengolahan dengan baik maka akan menyebabkan adanya pencemaran terhadap lingkungan dan telah melewati batas kadar yang telah ditetapkan sehingga perlu dilakukan analisis mengenai hal tersebut sehingga dilakukan penelitian dengan judul “Evaluasi Nilai *Removal Efficiency* Parameter Zn dan BOD di WWTP Blok II UP Muara Karang, Provinsi DKI Jakarta” dan belum pernah dilakukan penelitian di

perusahaan ini terkait hal tersebut, sehingga dapat dijadikan media pembelajaran untuk penelitian ini yang terdapat pada tabel keaslian penelitian dalam **Tabel 1.1**.






**TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL**  
**UPN "VETERAN" YOGYAKARTA**  
**2024**

---


**PETA ADMINISTRASI DAERAH PENELITIAN**  
 Kelurahan Pluit, Kecamatan Penjaringan, Kota Jakarta Utara  
 Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta

---



U

1 : 140.000




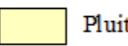
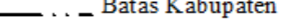
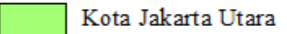
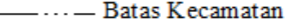
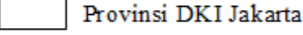
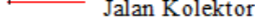
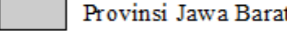


0 1,4 2,8 5,6 8,4 11,2 14 Km

---

**DISUSUN OLEH :**  
**MIRA PERMATA SARI**  
 114200074

---

**KETERANGAN :**

|   |  |
|---|--|
|  Ibukota           |  Pluit                  |
|  Batas Kabupaten  |  Kota Jakarta Utara    |
|  Batas Kecamatan |  Provinsi DKI Jakarta |
|  Jalan Arteri    |  Provinsi Jawa Barat  |
|  Jalan Kolektor  |  |
|  Sungai          |  |

---


**SUMBER :**  
 Peta Citra IKONOS  
 Peta RBI Lembar DKI Jakarta Skala 1:25.000  
 Peta Geologi Lembar Jakarta & Kepulauan Seribu Lembar 1209-4 & 1210-1 Skala 1:100.000

---

Sistem Koordinat Peta  
 Proyeksi : *Transverse Mecator*  
 Sistem Grid : *Universal Transverse Mecator*  
 Datum : WGS 84  
 Zona : 48 S

---

**INSET :**



**Peta 1.1 Peta Batas Administrasi**  
 (Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

Tabel 1.1 Keaslian Penelitian

| No | Peneliti dan Tahun Penelitian   | Jenis Penelitian   | Lokasi  | Judul   | Tujuan   | Metode  | Hasil   |
|----|---|--|---|---|--|---|---|
| 1  | Siti R. dan Chusnul Arif. (2020)  | Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor | PT. Indonesia Power UPJP Priok Jakarta  | Analisis Kualitas Air dan <i>Removal Efficiency Wastewater Treatment Plant</i> (WWTP) di PT. Indonesia Power UPJP Priok Jakarta | <ol style="list-style-type: none"> <li>Menganalisis kualitas air limbah di inlet dan outlet WWTP PT. Indonesia Power UPJP Priok berdasarkan PerMen LH Nomor 8 Tahun 2009.</li> <li>Menganalisis <i>removal efficiency</i> WWTP selama 5 tahun terakhir. di air tanah.</li> </ol> | Analisis data dan perhitungan nilai <i>Removal Efficiency</i> | Kualitas air limbah yang berada di WWTP PT. Indonesia Power UPJP Priok masih belum memenuhi standar baku mutu pada parameter pH yang ada pada titik masuk atau inlet, tetapi setelah masuk ke dalam proses pengolahan semua parameter telah sesuai dengan ketentuan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 08 Tahun 2009. Secara keseluruhan nilai efisiensi penghilangan parameter TSS, Cl <sub>2</sub> , Cr, Cu, Fe, Zn, dan Fosfat di WWTP tidak mengalami perbedaan yang mencolok dalam parameter minyak dan lemak antara tahun 2015 dan 2016. Oleh karena itu, diperlukan pemeliharaan berkala setiap 2 tahun untuk menjaga dan meningkatkan kinerja WWTP. |
| 2  | Thi Minh Tam Le, Tran Nguyen Sang Truong, Phuoc Dan Nguyen, Quang Do Thanh Le, Quoc Viet Tran, Thanh Tho Le, Quoc Tho Le, Quac Hung Nguyen, Thuy Chung Kieu Le, dan Emilie Strady | <i>Journal Enviromental Technology and Innovation</i>        | Ho Chi Minh City University of Technology (HCMUT) ), 268 Ly Thuong Kiet Street, District 10, Ho Chi Minh City, Viet Nam | <i>Evaluation of microplastic removal efficiency of wastewater-treatment plants in a developing country, Vietnam</i>            | Mengevaluasi <i>Removal Efficiency</i> pada mikroplastik di IPAL di negara Vietnam   | Analisis Laboratorium dan Sampling.                           | IPAL yang diteliti kurang modern dibandingkan dengan teknologi yang dikembangkan negara, kelimpahan limbah, koefisien efisiensi pembuangan, dan jumlah harian MiP yang dibuang ke penerima sistem berada dalam kisaran yang sama dengan IPAL lain di seluruh dunia. Kisaran ukuran MiP yang diamati dianggap lebih kecil plastik, yang paling melimpah  |

| No | Peneliti dan Tahun Penelitian                              | Jenis Penelitian  | Lokasi   | Judul  | Tujuan  | Metode  | Hasil   |
|----|--|---|--|--|---|---|---|
| 3  | Nayla, Ira Yulida Fishma dan Bhayu Gita Bhernama           | Jurnal Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Ra | Kelurahan Tahunan, Kecamatan, Umbulharjo, Kota Yogyakarta. | Analisis Air Limbah yang Masuk Pada <i>Waste Water Treatment Plant</i> (WWTP)  | Menganalisis kualitas air limbah yang berada pada WWTP              | Metode aerasi atau aerobik atau menggunakan aktivitas mikroorganisme. | Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa penggunaan proses pengolahan aerobik di WWTP, yang melibatkan aktivitas mikroorganisme, efektif dalam mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan dan memastikan bahwa air limbah yang diolah aman untuk dibuang ke lingkungan. Berbagai parameter yang dimonitor selama proses pengolahan air limbah di WWTP  |
| 4  | Adzillatin 'Alal Mu'miniina dan Rudatin Windraswara (2021) | <i>Higeia Journal Of Public Health Research And Development</i>     | Ampel, Kabupaten Boyolali.                                 | Analisis Pengolahan Air Limbah Rumah Pematangan Hewan Ampel Kabupaten Boyolali | Menganalisis pengolahan air limbah melalui IPAL RPH Ampel Boyolali. | Metode pendekatan deskriptif.   | Rumah Pematangan Hewan (RPH) Ampel Boyolali telah melakukan tiga tahap pengolahan air limbah, yakni <i>pre-treatment</i> , <i>primary treatment</i> , dan <i>secondary treatment</i> . Meskipun beberapa parameter menunjukkan efisiensi removal yang baik, namun belum mencapai standar baku mutu air limbah. RPH Ampel Boyolali menggunakan metode pengolahan air limbah yang melibatkan proses fisika dan biologi. Seluruh staf turut serta dalam membersihkan dan merawat bangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) beserta salurannya. Hasil pengolahan air limbah menunjukkan bahwa effluent pada parameter pH, Minyak dan Lemak, serta MPN Coliform pada pengukuran kedua telah memenuhi baku mutu. Namun, parameter BOD, COD, TSS, Ammonia, dan MPN Coliform pada pengukuran pertama dan ketiga belum mencapai standar baku mutu. |
| 5  | Mahdi, Imam (2022)   | Skripsi Jurusan   | Kota Jambi   | Evaluasi dan Redesain Instalasi  | 1. Mengevaluasi kinerja proses                                      | Metode penelitian yang digunakan                                      | Hasil uji sampling laboratorium menunjukkan bahwa kualitas air limbah dari Hotel X setelah  |

| No | Peneliti dan Tahun Penelitian | Jenis Penelitian                                   | Lokasi                        | Judul   | Tujuan  | Metode  | Hasil   |
|----|-------------------------------|--|-------------------------------|---|---|---|---|
|    |                               | Teknik Lingkungan, Universitas Batanghari, Jambi.. |                               | Pengolahan Air Limbah (Studi Kasus Hotel X Jambi) | <p>pengolahan air limbah untuk dapat mengoptimisasi IPAL Hotel X</p> <p>2. Meredesain sistem unit pengolahan dari hasil evaluasi eksisiting IPAL Hotel X.</p> | adalah dengan menganalisis data primer dan sekunder yang telah didapatkan lalu dilakukan analisis secara deskriptif dan matematis dilanjutkan pada tahap akhir dilakukan redesain terhadap unit– unit IPAL. | <p>diolah tidak memenuhi nilai baku mutu lingkungan, dengan parameter TSS sebesar 136 mg/L, BOD sebesar 56,89 mg/L, dan COD sebesar 174 mg/L. Efisiensi penyisihan parameter TSS pada unit pengolahan air limbah (IPAL) Hotel X hanya sebesar 4,90%, sedangkan untuk BOD dan COD masing-masing sebesar 45,89% dan 44,24%. Evaluasi terhadap unit IPAL Hotel X menunjukkan bahwa optimalisasi diperlukan, terutama pada S dan aerob tank, karena waktu detensinya melebihi kriteria desain.</p> <p>Berdasarkan perhitungan, waktu detensi dalam equalizing tank mencapai 8,5 jam dan aerob tank mencapai 14,38 jam. Oleh karena itu, dilakukan modifikasi pada <i>equalizing tank</i> dengan mengurangi kedalamannya menjadi 2 m, sehingga waktu detensi pada tahap awal pengolahan menjadi 6,8 jam. Sementara itu, aerob tank dimodifikasi dengan lebar 2,5 m dan panjang 2,5 m, disamakan dengan ukuran bak 1, untuk mengurangi waktu detensi pada tahap pengolahan menjadi 7,6 jam. Perubahan dimensi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengolahan air limbah Hotel X</p> |
| 6  | Musthofa dan Samudro (2016)   | Paper Departemen Teknik Lingkungan,                | PT. Indah Kiat Pulp and Paper | Evaluasi Unit WWTP I PT. Indah Kiat Pulp and      | Mengetahui sistem pengolahan limbah cair pada unit WWTP I PT. Indah Kiat  | Dalam tahap metodologi, data dikumpulkan melalui observasi  | WWTP I memiliki unit pengolahan limbah cair yang terdiri dari bak <i>equalization</i> , koagulasi, flokulasi, <i>primary clarifier</i> , <i>pumping pit</i> , <i>cooling pipe</i> , lumpur aktif ( <i>contact stabilization</i> ),  |

| No | Peneliti dan Tahun Penelitian  | Jenis Penelitian   | Lokasi   | Judul   | Tujuan   | Metode  | Hasil   |
|----|--------------------------------|--|--|---|--|---|---|
|    |                                | Fakultas Teknik Universitas Diponegoro   | Tbk. Serang Mill, Banten   | Paper Tbk. Serang Mill, Banten  | Pulp and Paper Tbk. Serang Mill, Banten  | dan dokumentasi terhadap proses pengolahan limbah cair di PT. Indah Kiat Pulp and Paper Tbk. Serang Mill, Banten. Pengumpulan data juga melibatkan pengamatan langsung terhadap kinerja WWTP I dan wawancara dengan pegawai perusahaan yang terlibat langsung dengan objek studi. | <i>secondary clarifier</i> , dan <i>effluent pit</i> . Sementara itu, pengolahan lumpur melibatkan unit belt-filter press dan screw press.  |
| 7  | Sinantrya dan Sholichin (2018) | Skripsi Teknik Pengairan Konsentrasi Sumber Daya Air, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya | Skripsi Teknik Pengairan Konsentrasi Sumber Daya Air, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya | Studi Evaluasi dan Efektivitas Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Kelola Mina Laut Gresik | 1. Untuk mengetahui debit dan beban air limbah yang dihasilkan oleh PT. Kelola Mina Laut (PT. KML) Gresik pada kondisi eksisting | Metode penelitian yang digunakan adalah mengumpulkan data sekunder dan data primer yang sudah diambil. Data primer didapatkan dengan  | Perhitungan efisiensi penurunan parameter kualitas air pada kondisi eksisting tahun 2018 PT. Kelola Mina Laut Gresik beberapa sudah efisien dan ada yang masih belum efisien. IPAL PT. Kelola Mina Laut Gresik masih dapat menampung debit air limbah yang masuk hingga tahun 2023 yaitu sebesar 83,539 m <sup>3</sup> /jam dan Penambahan bak pengendapan awal karena bak pengendapan awal berfungsi untuk mengolah atau mengendapkan padatan tersuspensi yang |

| No | Peneliti dan Tahun Penelitian | Jenis Penelitian                       | Lokasi                                  | Judul   | Tujuan  | Metode   | Hasil   |
|----|-------------------------------|--|---|---|---|--|---|
|    |                               |  |   |   | <p>dan prediksi tahun 2023</p> <p>2. Untuk mengetahui kualitas air limbah yang dihasilkan oleh IPAL PT. Kelola Mina Laut (PT. KML) Gresik pada kondisi eksisting</p> <p>3. Untuk mengetahui efisiensi IPAL PT. Kelola Mina Laut (PT. KML) Gresik pada kondisi eksisting</p> <p>4. Untuk mengetahui cara penanganan air limbah yang dihasilkan oleh IPAL PT. Kelola Mina Laut (PT. KML) Gresik</p> | melakukan sampling hasil sampling lalu akan dilakukan Analisa dan olah data sehingga akan didapatkan rekomendasi terhadap unit IPAL. | tidak dapat larut dalam limbah dan untuk menguraikan zat organik yang tidak terurai. Penambahan bak kontrol sebagai bioindikator kualitas air limbah yang akan dibuang ke badan air penerima yaitu saluran kawasan industri Gresik. |
| 8  | Mira Permata Sari (2023)      | Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan UPN | PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang | Evaluasi Nilai <i>Removal Efficiency</i> di WWTP Blok II UP Muara Karang Kelurahan Pluit, | 1. Mengetahui dan mengevaluasi nilai <i>Removal Efficiency</i> kinerja unit dengan  | 1. Metode penelitian kombinasi : metode  | 1. Nilai <i>removal efficiency</i> berturut-turut dengan berdasarkan parameter Zn dan BOD yaitu 6% dan 31% unit WWSP; 38% dan -43% unit <i>oxidation pit</i> ; -16% dan 13% unit koagulasi-flokulasi; 28% dan 32% unit              |



| No | Peneliti dan Tahun Penelitian | Jenis Penelitian        | Lokasi  | Judul  | Tujuan   | Metode   | Hasil   |
|----|-------------------------------|-------------------------|---|--|--|--|---|
|    |                               | "Veteran"<br>Yogyakarta | Kelurahan Pluit,<br>Kecamatan Penjaringan,<br>Kota Jakarta Utara,<br>Provinsi DKI Jakarta | Kecamatan Penjaringan, Kota Jakarta Utara,<br>Provinsi DKI Jakarta | parameter Zn dan BOD yang ada di WWTP Blok II UP Muara Karang<br>2. Menganalisis pengaruh pembuangan air limbah ke laut yang ditinjau berdasarkan baku mutu KLHK<br>3. Menganalisis dimensi unit di WWTP Blok II UP Muara Karang yang ditinjau berdasarkan kriteria desain<br>4. Merencanakan arahan pengelolaan di WWTP Blok II UP Muara Karang berdasarkan nilai <i>Removal Efficiency</i> | kualitatif dan kuantitatif<br>2. Metode pengumpulan data : Survei, melakukan pemetaan dan uji laboratorium<br>3. Metode pengambilan sampel : <i>Grab sampling</i> dan <i>composit sampling</i><br>4. Metode Analisis dan evaluasi menggunakan analisis dekriptif dan matematis | <i>clarifier</i> ; 5% dan 26% unit <i>neutralizing pit</i> ; 3% dan 29% unit <i>clear pit</i> ; 3% dan 15% unit <i>sand filter</i> sedangkan nilai removal efficiency yang belum optimal terdapat pada unit oxidation pit dengan nilai -43% pada penurunan konsentrasi BOD dan unit koagulasi-flokulasi dengan nilai -16% pada penurunan konsentrasi Zn<br>2. Air limbah hasil pengolahan yang dibandingkan dengan kualitas air laut yang masing-masing yang ditinjau dengan parameter Zn dan BOD diambil pada unit <i>effluent</i> dan titik penataan air laut yang sudah ditetapkan oleh KLHK yang menunjukkan bahwa keduanya masih berada dibawah nilai baku mutu dan tidak berpotensi merusak ekosistem laut.<br>3. Hasil evaluasi dimensi unit WWTP Blok II UP Muara Karang belum sesuai dengan kriteria desain terutama pada unit flokulasi dan unit <i>oxidation pit</i> yang belum optimal dalam menurunkan kadar Zn dan BOD<br>4. Arahan pengelolaan terbagi menjadi dua, diantaranya pendekatan teknologi dan pendekatan institusi. Pendekatan teknologi dilakukan guna mengoptimalkan kinerja unit <i>oxidation pit</i> dan flokulasi dengan redesain dimensi unit |

## 1.5 Titik Lokasi Penelitian

### 1. Letak Lokasi Secara Geografis

Penelitian dilakukan di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang yang terletak di Kelurahan Pluit, Kecamatan Penjaringan, Kota Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta pada bagian utara berbatasan dengan Laut Jawa, timur berbatasan dengan kawasan pemukiman, selatan berbatasan dengan kawasan pelabuhan, dan bagian barat berbatasan dengan kawasan pesisir yang mengarah ke Teluk Jakarta.

### 2. Kesampaian Daerah Penelitian

Penelitian dilakukan PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang yang terletak di Kelurahan Pluit, Kecamatan Penjaringan, Kota Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta. Lokasi penelitian ini memiliki jarak sekitar 9 km dari Monumen Nasional yang terletak di Jl. Medan Merdeka Utara, Kecamatan Gambir, Kota Jakarta Pusat, DKI Jakarta.

### 3. Lokasi Penelitian

Letak lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1.1 Peta Administrasi Daerah Penelitian.**

## 1.6 Maksud dan Tujuan

### 1.6.1 Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah

1. Mengetahui kualitas air limbah dan arahan pengolahan yang dapat dilakukan di daerah penelitian.
2. Melaksanakan kewajiban akademik yang ditetapkan oleh Program Studi S1 Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

3. Mengembangkan serta melatih kemampuan mahasiswa dalam menganalisis suatu permasalahan dengan ilmu yang sudah didapat selama perkuliahan di Teknik Lingkungan Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta.

### **1.6.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini adalah

1. Menganalisis dan mengevaluasi nilai *Removal Efficiency* kinerja unit dengan parameter Zn dan BOD yang ada di WWTP Blok II UP Muara Karang.
2. Mengetahui kualitas air laut akibat adanya pembuangan air limbah PLTGU yang ditinjau berdasarkan baku mutu Izin Pembuangan Air Limbah.
3. Menghitung kesesuaian dimensi unit di WWTP Blok II UP Muara Karang yang ditinjau berdasarkan kriteria desain.
4. Merencanakan arahan pengelolaan di WWTP Blok II UP Muara Karang berdasarkan nilai *Removal Efficiency*.

### **1.6.3 Manfaat Penelitian.**

Manfaat dari penelitian ini adalah

1. Sebagai informasi kepada PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang mengenai nilai kualitas air di WWTP dan memberikan masukan mengenai arahan pengelolaan yang tepat agar kinerja unit di WWTP Blok II dapat berjalan optimal.
2. Menerapkan ilmu dan keterampilan mahasiswa sesuai dengan bidang keilmuan yang ada di Jurusan Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta.

### **1.7 Peraturan Perundang-Undangan**

Peraturan perundang-undangan yang digunakan sebagai acuan dalam penelitian ini antara lain:

Tabel 1.2 Peraturan Perundang-Undangan

| No | Peraturan  | Uraian Singkat Makna atau Kaitan Pasal dengan Penelitian  |
|----|--|---|
| 1  | Undang- Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2020 tentang Cipta Kerja  | Menjelaskan definisi dari dari perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, yaitu upaya sistematis terpadu yang dilakukan untuk melestarikan fungsi lingkungan hidup dan mencegah terjadinya pencemaran lingkungan.   |
| 2  | Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup  | Menjelaskan tentang langkah teknis mengenai perlindungan dan pengelolaan fungsi lingkungan hidup. Kaitan antara Undang-undang ini dengan penelitian adalah sebagai pedoman pencegahan akan pencemaran dan kerusakan lingkungan serta upaya represif dalam pencegahan pencemaran dan |
| 3  | Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia SK 266/1/KLHK tahun 2020 tentang Izin Pembuangan Air Limbah ke Laut Atas Nama PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkitan Muara Karang 2.105 MW. | Menjelaskan tentang izin pembuangan serta baku mutu air limbah WWTP dan baku mutu air limbah yang dibuang ke laut serta baku mutu kualitas air laut.  |

(Analisis Penulis Tahun 2023)

## **1.8 Tinjauan Pustaka**

### **1.8.1 Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap**

Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) adalah pembangkit listrik yang menggabungkan dua siklus yaitu siklus gas dan tenaga uap. PLTGU memiliki dampak lingkungan yang lebih rendah jika dibandingkan dengan pembangkit listrik berbasis batu bara. Menurut Kumar dkk.(2018), emisi CO<sub>2</sub> dari PLTGU lebih rendah akibat adanya pembakaran gas alam yang akan menghasilkan karbon yang lebih sedikit dibandingkan batu bara. Alat yang digunakan untuk menghubungkan kedua siklus tersebut adalah HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*). PLTGU menggunakan bahan bakar utama gas LNG. Pembangkit listrik Tenaga Gas (PLTG) biasanya memiliki suhu lebih dari 400°C yang dapat di manfaatkan ke dalam ketel uap Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) yang mampu digunakan untuk menggerakkan turbin uap kemudian pada generator akan dirubah menjadi energi listrik.

### **1.8.2 Limbah Cair**

Limbah adalah sisa dari usaha maupun kegiatan yang mengandung bahan berbahaya atau beracun yang karena sifat, konsentrasi, dan jumlahnya, baik yang secara langsung maupun tidak langsung dapat membahayakan lingkungan, Kesehatan, kelangsungan hidup manusia dan makhluk hidup lainnya (Mahida, 1984). Limbah cair adalah kombinasi dari air dengan bahan pencemar yang terbawa oleh air, baik dalam bentuk larutan maupun suspensi yang dilepaskan dari sumber-sumber seperti domestik (perkantoran, perumahan, perdagangan, dan industri) yang terkadang bercampur dengan air tanah, air permukaan ataupun air hujan. Menurut Soeparman dan Suparmin (2002) limbah cair bersumber dari aktivitas manusia atau (*Human Sources*) dan aktivitas alam (*Natural Sources*).

### 1.8.3 Limbah Cair Industri Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap

Salah satu penghasil limbah cair industri di Indonesia adalah industri Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU). Limbah cair pada industri ini dihasilkan pada proses pengoperasian unit, yaitu :

- a. Proses pendinginan
- b. Proses *desalinasi* dan *demineralisasi*
- c. Proses penguapan (*blowdown air boiler*)
- d. Kegiatan laboratorium
- e. Kegiatan domestik

Hasil dari mesin-mesin unit akan memiliki kandungan air limbah yang berbeda-beda dan tidak bisa langsung dibuang begitu saja ke lingkungan. Sehingga diperlukan proses pengolahan terkait limbah tersebut (Permatasari, 2018).

### 1.8.4 *Waste Water Treatment Plant (WWTP)*

*Waste Water Treatment Plant (WWTP)* atau instalasi pengolahan air limbah adalah suatu sistem teknis yang melibatkan peralatan dan perlengkapan khusus untuk memproses atau mengolah cairan sisa dari proses produksi pabrik. Tujuan dari sistem ini adalah agar cairan tersebut dapat diolah sehingga dapat layak untuk dibuang ke lingkungan. Menurut Metcalf dan Eddy (2003) WWTP adalah fasilitas yang dirancang untuk mengolah air limbah agar aman untuk dilepaskan kembali ke lingkungan atau digunakan kembali. Hal ini mencakup struktur desain untuk menghilangkan limbah biologis dan kimiawi dari air sehingga membuatnya dapat digunakan kembali untuk aktivitas lainnya. Fungsi instalasi pengolahan air limbah mencakup pengolahan limbah pertanian, limbah perkotaan maupun air limbah industri dengan tujuan untuk menjaga

kualitas lingkungan, meminimalkan dampak negatif, dan memungkinkan penggunaan air limbah yang lebih berkelanjutan.

### **1.8.5 Proses Pengolahan Limbah Cair**

Pengolahan limbah cair sebagai serangkaian proses yang dirancang untuk menghilangkan kontaminan fisik, kimia, dan biologis dari air limbah, sehingga air limbah tersebut dapat dilepaskan ke lingkungan atau digunakan kembali tanpa membahayakan kesehatan manusia maupun ekosistem (Metcalf dan Eddy, 2014). Tahapan dalam pengolahan limbah cair terdiri dari pengolahan pendahuluan, pengolahan primer, pengolahan sekunder, dan pengolahan tersier. Pengolahan pendahuluan bertujuan untuk menghilangkan benda-benda besar dan pasir yang dapat merusak peralatan di tahap pengolahan berikutnya. Pengolahan primer adalah air limbah dialirkan ke dalam tangki sedimentasi untuk mengendapkan padatan tersuspensi. Pengolahan sekunder yakni melibatkan pengolahan biologis menggunakan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah. Pengolahan tersier adalah tahap lanjutan yang bertujuan untuk menghilangkan kontaminan spesifik seperti nitrogen, fosfor, dan logam berat.

#### **1.8.5.1 Aerasi**

Proses aerasi memiliki tujuan untuk mengontakkan semaksimal mungkin permukaan cairan dengan udara atau atmosfer (Rahardjo, 2000). Proses pentransferan suatu zat atau komponen dari suatu medium ke medium yang lain berlangsung efisien, maka dapat dilihat melalui turbulensi antara cairan dan udara. Sehingga tidak terjadi *interface* yang diam antara cairan dan udara yang dapat menyebabkan laju perpindahan terhenti. Terdapat beberapa prinsip dasar alat aerasi yaitu :

- a. Aerator air terjun

- b. Sistem aerasi difusi udara
- c. Aerator mekanik

Menurut AWWA & ASCE (2005) proses aerasi berfungsi untuk :

- a. Menambahkan oksigen ke dalam air yang berfungsi untuk proses oksidasi zat Ma dan Fe sehingga zat tersebut dapat dihilangkan dengan proses lebih lanjut.
- b. Menambahkan gas ozon dan gas klor ke dalam air yang berfungsi untuk oksidasi atau desinfeksi
- c. Menghilangkan gas radon, *hydrogen sulfida*, dan metan
- d. Menghilangkan zat amonia pada air

Proses pengolahan unit aerasi di instalasi WWTP mempertimbangkan pada kriteria desain agar sistem pengolahan berfungsi secara efektif dan efisien. Kriteria desain unit aerasi dapat dilihat pada **Tabel 1.3**.

**Tabel 1.3 Kriteria Desain Aerasi Difusi**

| Area Difusi          | Kriteria Desain |
|----------------------|-----------------|
| Rasio Lebar : Tinggi | 1:1-2,2 : 1     |
| Waktu Tinggal (Td)   | 30 menit        |

(Sumber : AWWA & ASCE, 2005;Metcalf & Eddy, 2004).

### 1.8.5.2 Koagulasi

Koagulasi merupakan proses destabilisasi partikel koloid dengan cara penambahan senyawa kimia yang disebut koagulan (Raharjo, 2000). Koloid tersebut memiliki ukuran tertentu sehingga gaya tarik menarik antara partikel lebih kecil daripada gaya tolak menolak akibat muatan listrik. Pada kondisi stabil ini penggumpalan partikel tidak terjadi.

Melalui proses koagulasi akan terjadi destabilisasi sehingga partikel-partikel koloid Bersatu dan menjadi besar. Dengan demikian partikel-partikel koloid yang pada awalnya sukar dipisahkan dari air. Setelah proses koagulasi akan menjadi kumpulan



partikel yang lebih besar sehingga mudah dipisahkan dengan cara sedimentasi, filtrasi atau proses pemisahan lainnya. Kriteria desain koagulasi dapat dilihat pada **Tabel 1.5**.

Rumus untuk menentukan gradien kecepatan pada pompa *mixer* sebagai pengaduk adalah sebagai berikut :

$$G = \sqrt{\frac{P}{\vartheta \times V}} \dots\dots\dots \text{Persamaan 1.1}$$

$G$  = Gradien Kecepatan ( $S^{-1}$ )

$\vartheta$  = Viskositas Dinamik ( $N.s/m^2$ )

$P$  = Power (Watt)

$V$  = Volume Bak

Proses pengolahan unit koagulasi di instalasi WWTP mempertimbangkan pada kriteria desain agar sistem pengolahan berfungsi secara efektif dan efisien. Kriteria desain unit koagulasi dapat dilihat pada **Tabel 1.4**.

**Tabel 1.4 Kriteria Desain Pengadukan Koagulasi**

| <b>Tangki Koagulasi</b> | <b>Kriteria Desain</b> |
|-------------------------|------------------------|
| Waktu Tinggal (td)      | 5-30 s                 |
| Gradien Kecepatan (G)   | 500 – 1500 $S^{-1}$    |
| G X td                  | 20.000 – 30.000        |

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2004; Darmasetiawan, 2001)

### 1.8.5.3 Flokulasi

Flokulasi merupakan proses penggabungan partikel-partikel kecil menjadi partikel besar dengan memanfaatkan tenaga hidrodinamik (Rahardjo, 2000). Biasanya flokulasi menggunakan alat yaitu *Rotating Paddles*. Secara bertahap partikel-partikel akan menjadi satu dalam proses ini namun proses ini bergerak dengan lambat. Proses flokulasi dapat dipercepat dengan memberikan kecepatan gradien pada cairan. Partikel-partikel yang bergerak dengan kecepatan yang berbeda akan lebih cepat untuk bergabung menjadi partikel yang lebih besar

Proses flokulasi dipengaruhi oleh kecepatan gradien rata-rata. Dalam praktik langsung kecepatan gradien rata-rata memiliki fungsi input tenaga pencampuran (*Mixing Power*). Proses pengolahan unit Flokulasi di instalasi WWTP mempertimbangkan pada kriteria desain agar sistem pengolahan berfungsi secara efektif dan efisien. Kriteria desain unit flokulasi dapat dilihat pada **Tabel 1.5**.

**Tabel 1.5 Kriteria Desain Pengadukan Flokulasi**

| Tangki Flokulasi      | Kriteria Desain                   |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Waktu Tinggal (td)    | 30 – 60 menit                     |
| Gradien Kecepatan (G) | 50 -100 S <sup>-1</sup>           |
| G x td                | 10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup> |

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2004; Darmasetiawan, 2001)

#### 1.8.5.4 Clarifier

*Clarifier* adalah unit yang digunakan unruk menghilangkan zat tersuspensi atau flok kimia dengan menggunakan gaya gravitasi. Proses sedimentasi pada pengolahan air limbah umumnya digunakan untuk menghilangkan padatan tersuspensi sebelum dilakukannya proses pengolahan lanjutan. Flok yang terkumpul pada proses koagulasi masih berukuran kecil selanjutnya akan bertambah besar pada proses flokulasi. Dengan terbentuknya flok-flok yang lebih besar tersebut menyebabkan beratnya bertambah, karena gaya beratnya flok-flok tersebut akan bergerak ke bawah dan mengendap pada bagian dasar tangki sedimentasi. Kriteria desain *clarifier* dapat dilihat pada **Tabel 1.6**.

**Tabel 1.6 Kriteria Desain Clarifier Circular Tank**

| Bak Pengendap               | Kriteria Desain                               |
|-----------------------------|---|
| Kedalaman Bak               | 3 – 4,9 m                                     |
| <i>Surface Loading Rate</i> | 30 – 50 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> . hari |
| Waktu Tinggal (td)          | 1,5 – 2,5 jam                                 |
| Bilangan Reynold            | < 2000  |

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2004; SNI 6774:2008)

Menurut Shun Dar Lin (2007) Rumus menentukan *Surface Loading* pada bak *clarifier* adalah sebagai berikut :

$$v_o = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots \text{Persamaan 1.2}$$

Keterangan :

$v_o$  = Surface Loading ( $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hari}$ )

$Q$  = Debit Aliran ( $\text{m}^3/\text{hari}$ )

$A$  = Luas Permukaan ( $\text{m}^2$ )

Menurut Mackenzie (2010) rumus untuk menentukan bilangan Reynold pada bak *clarifier* adalah sebagai berikut :

$$Re = \frac{v \times R}{\nu} \dots\dots\dots \text{Persamaan 1.3}$$

Keterangan :

$Re$  = Bilangan Reynold

$V$  = Rata-rata kecepatan aliran horizontal ( $\text{m/s}$ )

$R$  = Jari-jari hidrolis ( $\text{m}$ )

$\nu$  = Viskositas Kinematis ( $\text{m}^2/\text{s}$ )

### 1.8.5.5 Filtrasi

Filtrasi bertujuan untuk memisahkan padatan tersuspensi yang terdapat di dalam air yang dilakukan pengolahan. Filtrasi digunakan untuk menghilangkan sisa padatan tersuspensi yang tidak terendapkan pada proses sedimentasi. Proses pengolahan filtrasi dilakukan setelah dilakukannya pengolahan kimia dan fisika atau biologi. Ada dua proses penyaringan yaitu penyaringan lambat dan penyaringan cepat. Penyaringan lambat adalah penyaringan dengan memanfaatkan energi potensial itu sendiri yaitu dengan menggunakan gaya gravitasi. Penyaringan cepat adalah penyaringan dengan menggunakan tekanan yang melebihi tekanan atmosfer.

Berdasarkan jenis media filter penyaringan dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu filter media granular atau butiran dan filter permukaan. Jenis media granular biasanya memiliki karakteristik media yaitu ukuran butiran membentuk pori-pori yang

cukup besar agar partikel besar dapat tertahan dalam media sementara butirannya dapat membentuk pori yang cukup halus dan dapat menahan suspensi. Butiran media bertingkat sehingga akan lebih efektif pada saat proses pencucian balik atau *backwash*. Saringan mempunyai kedalaman yang dapat memberikan kesempatan aliran mengalir cukup panjang. Sejauh ini media paling baik adalah pasir yang ukuran butirannya hampir seragam dengan ukuran antara 0,6 mm sampai 0,8 mm. Kriteria desain filtrasi dapat dilihat pada **Tabel 1.7**.

**Tabel 1.7 Kriteria Desain Sand Filter**

| <i>Sand Filter</i>    | <b>Kriteria Desain</b>           |
|-----------------------|----------------------------------|
| Tinggi                | 900 – 1800 mm                    |
| Koefisien Keseragaman | 1,2 – 1,6                        |
| <i>Effective Size</i> | 2 – 3 mm                         |
| Kecepatan Aliran      | 80 – 400 L/m <sup>2</sup> .menit |

(Sumber: Metcalf & Eddy, 2004)

### 1.8.6 *Removal Efficiency*

*Removal efficiency* pada *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) merujuk pada kemampuan sistem pengolahan air limbah untuk mengurangi konsentrasi zat zat pencemar atau parameter tertentu air limbah yang masuk ke dalam instalasi. Parameter parameter ini mencakup berbagai substansi seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD), *Chemical Oxygen Demand* (COD), nitrogen, padatan terlarut, dan logam berat (Metcalf dan Eddy, 2014). *Removal efficiency* di ukur sebagai presentase pengurangan konsentrasi suatu parameter dari air limbah, rumus umum untuk menghitung *removal efficiency* adalah sebagai berikut :

$$\text{Removal efficiency (\%)} = \left( \frac{A-B}{A} \right) \times 100\% \dots \dots \dots \text{Persamaan 1.4}$$

Keterangan :

A = Konsentrasi Awal (mg/L)

B = Konsentrasi Akhir (mg/L)

*Removal efficiency* sangat penting untuk mengevaluasi kinerja WWTP dan memastikan bahwa air limbah yang dibuang memenuhi standar regulasi lingkungan. Pengukuran dan pemantauan secara teratur *removal efficiency* membantu memastikan efisiensi operasional serta keberlanjutan dari sistem pengolahan air limbah. Penelitian mengenai efisiensi penghilangan atau *removal efficiency* untuk mengetahui kinerja unit instalasi air limbah yang dilakukan oleh Sinantrya dan Solichin (2018) diketahui bahwa nilai efisiensi penurunan parameter kualitas air pada kondisi eksisting tahun 2018 PT. Kelola Mina Laut Gresik beberapa sudah efisien di IPAL PT. Kelola Mina Laut Gresik masih dapat menampung debit air limbah yang masuk hingga tahun 2023 yaitu sebesar 83,539 m<sup>3</sup>/jam dan penambahan bak pengendapan awal karena bak pengendapan awal berfungsi untuk 1-5 mengolah atau mengendapkan padatan tersuspensi yang tidak dapat larut dalam limbah dan untuk menguraikan zat organik yang tidak terurai. Penambahan bak kontrol sebagai bioindikator kualitas air limbah yang akan dibuang ke badan air penerima yaitu saluran kawasan industri Gresik.

### **1.8.7 Kualitas Air**

Peraturan Pemerintahan Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air adalah semua air yang terdapat di atas maupun dibawah permukaan tanah termasuk dalam pengertian ini air permukaan, air tanah, air hujan, dan air laut yang dimanfaatkan di darat. Kualitas air sendiri merujuk pada parameter-parameter fisik, kimia dan biologis yang menggambarkan kondisi atau kebersihan dari air tersebut (Effendi, 2003). Evaluasi kualitas air sangat penting untuk memastikan air aman untuk digunakan oleh manusia, menjaga, keberlanjutan ekosistem perairan dan memenuhi berbagai kebutuhan domestik, industri, dan pertanian. Kualitas mutu air adalah tingkat kondisi kualitas air

yang menunjukkan kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan dengan baku mutu air yang sudah ditetapkan.

Penelitian yang dilakukan hanya mengacu kepada beberapa parameter saja. Hal ini karena dalam penelitian yang dilakukan hanya pada parameter Zn dan BOD yang sifatnya masih fluktuatif dan tidak sesuai dengan baku mutu. Baku mutu ini berdasarkan SK.266/1/KLHK/ 2020 tentang Izin pembuangan Air Limbah Ke Laut Atas Nama PT. Pembangunan Jawa Bali Unit Muara Karang.

#### **1.8.7.1 Seng (Zn)**

Seng (Zn) adalah logam dengan karakteristik cukup reaktif dan berwarna putih kebiruan. Seng (Zn) dapat di temukan di udara, air tanah, batuan dan biosfer. Kelarutan seng dalam air sendiri sangat di pengaruhi oleh bentuk senyawanya, terutama karena Zn senyawa yang berikatan dengan klorida dan sulfat cenderung mudah larut. Tingkat kelarutan Zn juga dapat meningkat pada perairan yang bersifat asam. Kadar Zn dalam perairan alami biasanya berada di bawah 0,05 mg/L namun pada perairan asam kadar Zn bisa mencapai 50 mg/L (McNeely dkk.,1979).

Dampak emisi logam berat dari PLTGU termasuk seng (Zn) terhadap lingkungan yaitu PLTGU dapat menjadi sumber pencemar Zn terutama melalui jalur air limbah hasil proses produksi listrik (Kaya dan Yilmaz, 2007). Seng salah satu unsur yang sangat berperan dalam kehidupan manusia karena mendukung kerja enzim dalam proses pembentukan protein. Secara umum seng tidak bersifat toksik bagi manusia, namun dalam kadar tinggi dapat menimbulkan rasa pada air (Davis & Cornwell, 1991). Kadar Zn yang tinggi juga dapat mengakibatkan defisit mineral lain. Mengonsumsi Zn dalam jumlah yang berlebihan dapat berdampak pada penurunan kadar Cu dalam tubuh, penurunan sistem kekebalan tubuh, dan gangguan pada sistem pencernaan.

Penelitian yang dilakukan oleh Babel dan Kurniawan (2003) menunjukkan bahwa Teknik adsorpsi menggunakan bahan alami seperti zeolit dan karbon aktif sangat efektif untuk menghilangkan ion Zn dari air limbah industri. Zeolit dapat mengadsorpsi Zn dengan kapasitas adsorpsi yang tinggi terutama pada pH yang lebih tinggi.

#### **1.8.7.2 *Biological Oxygen Demand (BOD)***

*Biological Oxygen Demand (BOD)* merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur sejauh mana limbah air atau limbah tercemar oleh bahan organik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme dalam proses biokimia. Dalam konteks pengujian kualitas air BOD digunakan untuk mengukur jumlah oksigen yang diperlukan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik dalam air pada suhu dan kondisi tertentu selama periode waktu tertentu. Menurut Pamungkas (2016) pengujian BOD dilakukan untuk mengetahui besarnya beban pencemaran akibat dari air buangan penduduk maupun industri serta untuk menentukan desain sistem pengolahan biologis air yang tercemar. Semakin tinggi nilai BOD maka akan semakin tinggi pula tingkat pencemaran bahan organik di dalamnya yang dapat merusak ekosistem air dan menyebabkan terjadinya penurunan kadar oksigen yang dapat mengancam kehidupan organisme perairan. Tingginya kandungan BOD akan berdampak pada semakin mudahnya terjadinya dekomposisi atau pembusukan (Ramadani dkk., 2021).

Penelitian untuk mengevaluasi dampak air limbah dari PLTGU terhadap kualitas air sungai disekitarnya. Diketahui bahwa air limbah PLTGU meningkatkan BOD dibadan air penerima dan menunjukkan adanya bahan organik yang memerlukan oksigen untuk dekomposisi (El-Morsi dkk., 2009)

### **1.8.9 Batas Daerah Penelitian**

Batas daerah penelitian adalah lokasi yang dilakukan sebagai kegiatan penelitian yang mencakup batas permasalahan, batas ekologi, dan batas sosial. Batas daerah penelitian dapat dilihat pada **Peta 1.2**.

#### **1.8.9.1 Batas Permasalahan**

Batas permasalahan adalah batasan untuk menandai wilayah yang digunakan sebagai masalah yang ada di lokasi penelitian. Objek permasalahan yang akan dilakukan penelitian yaitu air limbah yang berada di WWTP Blok II PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang. Batas permasalahannya merupakan area yang berpotensi dilakukan pengkajian ataupun evaluasi dari pengolahan air limbah dan outlet air laut limbah hasil pengolahan di WWTP Blok II PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang.

#### **1.8.9.2 Batas Ekologis**

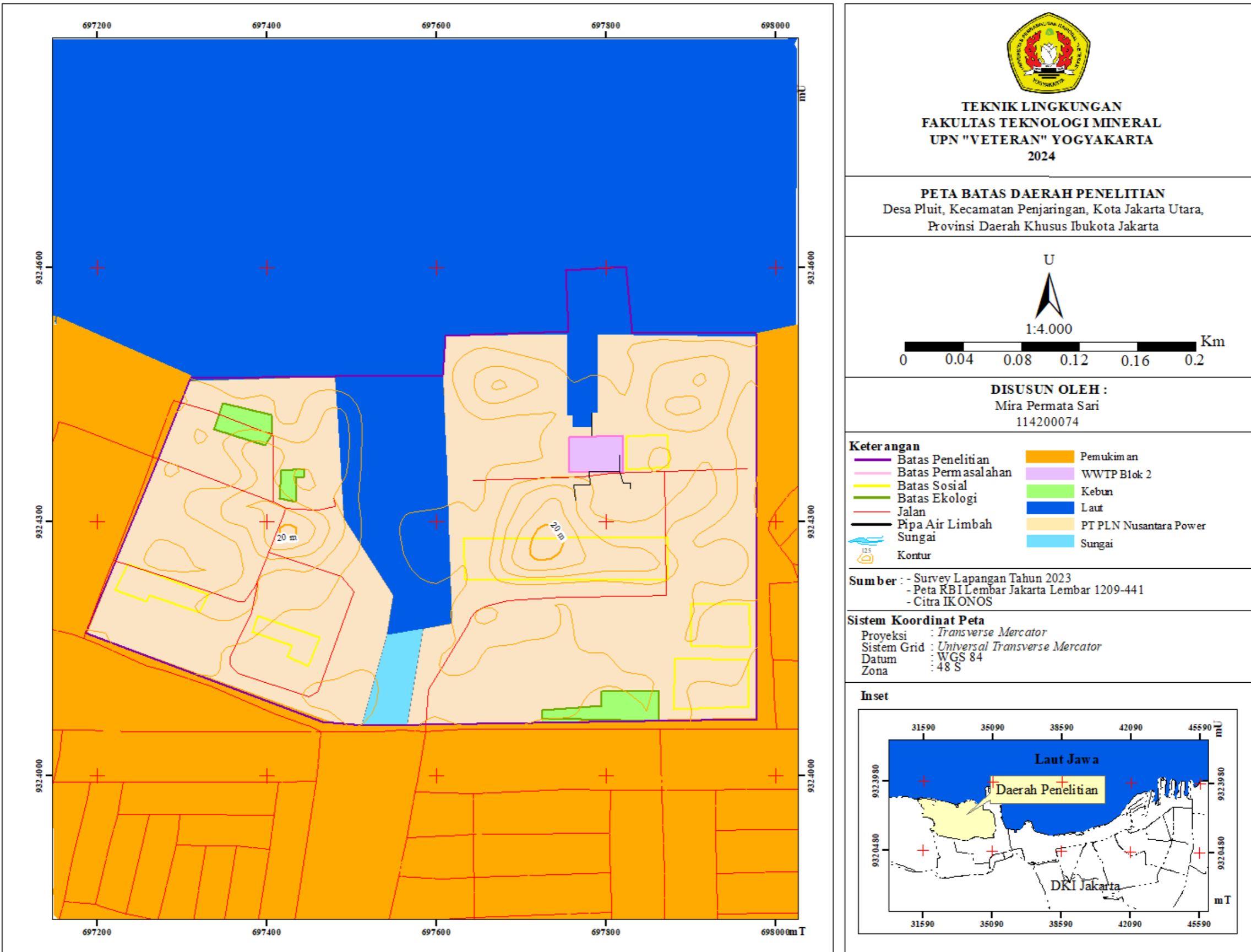
Batas ekologi adalah digunakan untuk menandai adanya komponen lingkungan fisik yang terdapat di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang. Batas ekologi meliputi flora yang berada di area industri. Berdasarkan peta penggunaan lahan yaitu **Peta 2.7** batas ekologi ditandai dengan warna hijau yang berupa pepohonan dan tanaman yang sengaja di tanam di area industri.

#### **1.8.9.3 Batas Sosial**

Batas sosial adalah batas yang digunakan untuk membatasi interaksi atau hubungan makhluk sosial dengan lingkungannya. Batas sosial yang di temukan di PT. PLN Nusantara Power yaitu area atau tempat berinteraksinya sosial peneliti dengan karyawan atau interaksi lainnya antar sesama karyawan. Batas sosial dalam lokasi



penelitian meliputi *office*, PLTGU Blok I, PLTGU Blok II, PLTU-PLTGU III, dan masjid. Dapat dilihat pada **Peta 1.2** akan ditampilkan peta batas daerah penelitian.



Peta 1.2 Peta Batas Penelitian  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

## BAB II

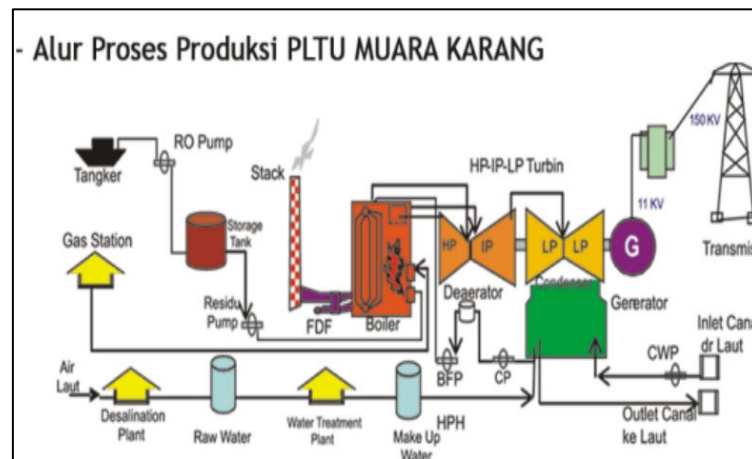
### RUANG LINGKUP PENELITIAN

#### 2.1 Lingkup Kegiatan Penelitian

Penelitian dilakukan di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang Kelurahan Pluit, Kecamatan Penjaringan, Kota Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta. PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang berdiri sejak 1995 dengan kapasitas sebesar 18.258 MW dan tersebar di seluruh Indonesia. PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang sendiri memiliki dua unit pembangkitan yaitu PLTU dan PLTGU. PLTU sendiri merupakan Pembangkit Listrik Tenaga Uap dengan menggunakan bahan bakar minyak tetapi untuk saat ini pengoperasian PLTU sedang dalam status *stand by*. PLTGU sendiri merupakan Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap dengan menggunakan bahan bakar gas LNG. Saat ini PLTGU UP Muara Karang memiliki kapasitas 500 megawatt dengan efisiensi 60,7% dan tingkat panas hingga 1.415 kKal/kWh. Hampir 30% pasokan listrik Jakarta berasal dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Muara Karang. Kapasitas pasokan listrik dari PLTGU Muara Karang mencapai 1.600 Megawatt yang terdiri dari 11 generator dengan kapasitas masing-masing pembangkitnya yaitu PLTGU 2x200 MW, PLTGU 500 MW, dan PLTGU 700 MW.

Kegiatan Usaha yang dilakukan di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang bergerak dalam pembangkitan listrik yaitu dari sumber gas dan juga uap. Dalam kegiatan proses produksi listrik hingga dapat didistribusikan ke seluruh Indonesia terdapat berbagai tahapan yang dilakukan oleh PLTU dan PLTGU dapat dilihat pada **Gambar 2.1 dan Gambar 2.2**.

a. Proses Produksi Energi Listrik PLTU Muara Karang



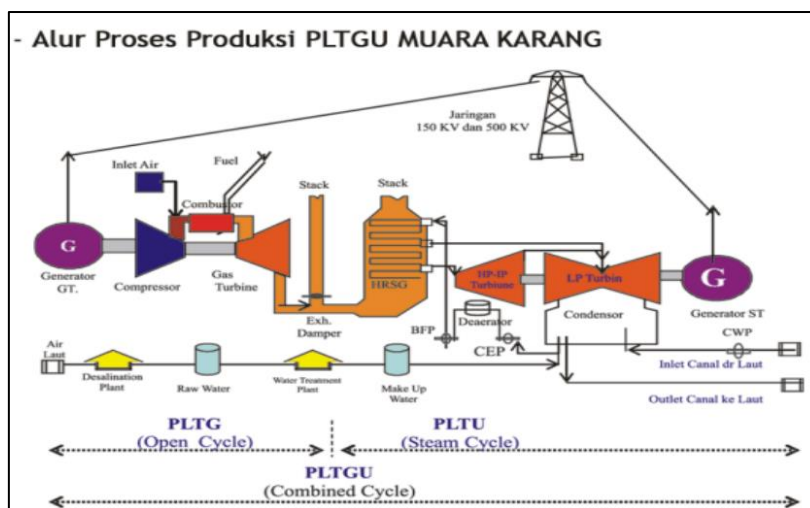
**Gambar 2.1** Proses Kegiatan PLTU

(Sumber: PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang, 2023)

Pembangkit Listrik Tenaga Uap menggunakan peralatan yaitu *boiler*, turbin, dan generator dengan menggunakan alat pendukung berupa *Desalination Plant* dan *Demin Plant*. Pada proses produksi listrik air laut digunakan sebagai salah satu sumber bahan baku utama baik digunakan sebagai pendingin maupun sebagai tambahan untuk boiler. *Desalination Plant* digunakan untuk mengolah air laut menjadi air tawar dengan menghilangkan kandungan garam dan kemudian akan diproses di *Demin Plant* akan memprosesnya hingga memenuhi standar air sebagai boiler.

Air yang telah selesai dilakukan pengolahan maka akan dipanaskan di dalam boiler dengan menggunakan bahanbakar minyak atau gas. Uap yang dihasilkan oleh pemanasan ini dengan menggunakan suhu dan tekanan yang sudah ditentukan kemudian akan dialirkan ke turbin untuk menggerakkan generator dan menghasilkan energi listrik yang kemudian akan terhubung dengan sistem kelistrikan Jawa-Bali.

b. Proses Produksi Energi Listrik PLTGU Muara Karang



**Gambar 2.2 Proses Kegiatan PLTGU**

(Sumber: PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang, 2023)

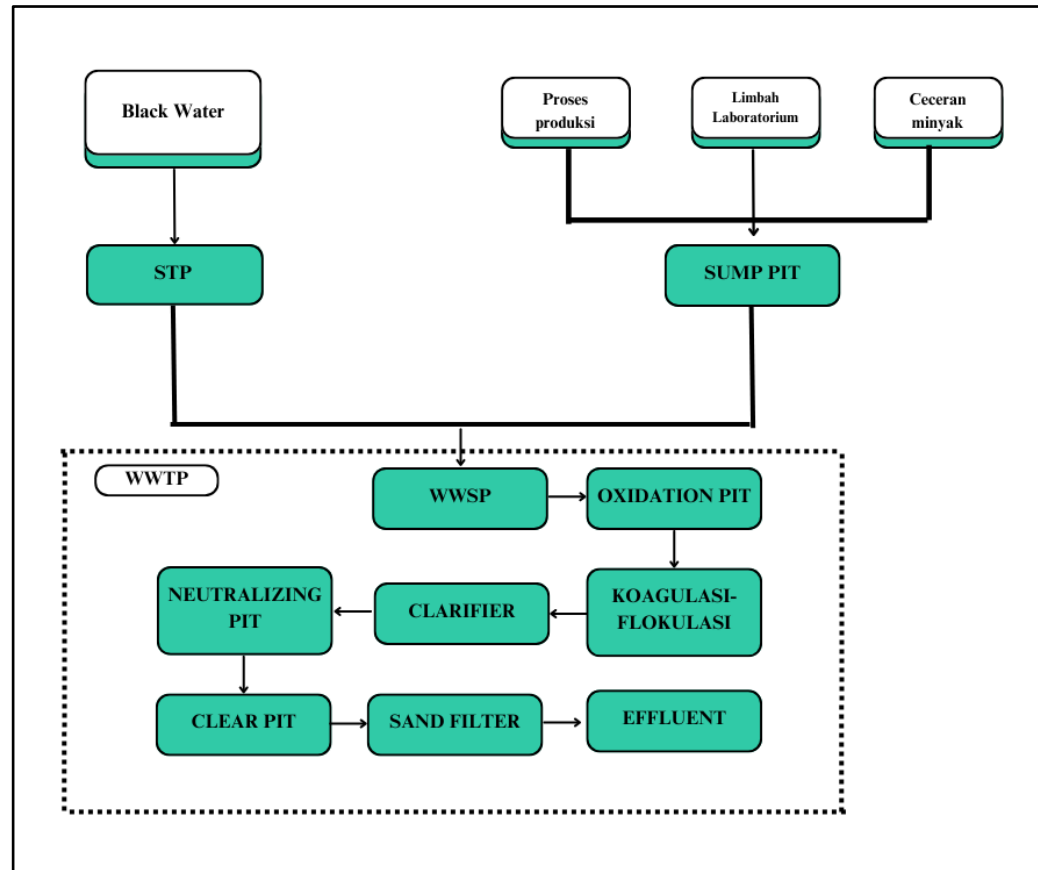
Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap merupakan gabungan dari PLTG dan PLTU atau disebut juga *combine cycle*. Peralatan yang digunakan dalam sistem ini adalah turbin gas serta generatornya, turbin gas dengan generatornya, dan HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*). Udara akan dikompresikan hingga mencapai tekanan tertentu sebelum masuk ke dalam ruang bakar, di mana udara tersebut akan dicampur dengan bahan bakar gas atau minyak. Campuran ini akan menghasilkan udara panas yang digunakan untuk menggerakkan turbin dan generator proses inilah yang disebut dengan *open cycle*.

Gas buang yang dihasilkan oleh pembakaran yang memiliki suhu tinggi sekitar 500°C akan dimanfaatkan kembali di dalam *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG). Gas buang tersebut digunakan untuk memanaskan air di dalam HRSG dan menghasilkan uap yang akan digunakan untuk menggerakkan turbin dan generator untuk menghasilkan lebih banyak energi listrik. Energi listrik dari kedua proses inilah yang akan di salurkan ke dalam sistem kelistrikan Jakarta dan Jawa-Bali.

Kegiatan usaha di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang menggunakan 2 tipe *Desalination Plant* yaitu *Multi Stage Flash Desalination* yang digunakan pada PLTU dan PLTGU serta *Reverse Osmosis* yang digunakan di PLTGU Blok III. Dari hasil kegiatan tersebut 30% air akan diolah lebih lanjut di *Demin Plant* dan sisanya yaitu 70% akan dibuang ke laut sebagai *brine (reject desal)*. Air olahan dari *Desal Plant* akan diproses lebih lanjut di dalam unit dan diteruskan dalam bahan baku boiler sedangkan air *reject demin* akan digunakan sebagai air *service* untuk keperluan domestik.

## **2.2 Pegolahan Air Limbah**

Pengolahan air limbah di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang memiliki beberapa sarana pengolahan yang terdiri dari unit *Waste Water Treatment Plant* (WWTP) dan *Sewage Treatment Plant* (STP). Fasilitas WWTP digunakan sebagai sarana pengolahan air limbah yang berasal dari proses produksi berupa cecceran minyak atau air yang terkontaminasi dari area gas turbin generator dan PLTU 4,5 yaitu dari regenerasi *demin*, *blowdown boiler*, cuci air *heater*, *chemical cleaning boiler*, dan limbah laboratorium. Air limbah domestik (*black water*) yang berasal dari toilet masuk ke STP. Diagram alir air limbah di PT. PLN Nusantara Powr UP Muara Karang dapat dilihat pada **Gambar 2.3**.



Gambar 2.3 Diagram Alir Air Limbah di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

a. *Waste Water Storage Pond (WWSP)*



**Gambar 2.4 Unit *Waste Water Storage Pond***  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

*Waste Water Storage Pond (WWSP)* adalah tempat yang dirancang untuk menyimpan sementara air limbah sebelum di proses ke pengolahan air limbah atau *Waste Water Treatment Plant*. Fasilitas ini berfungsi untuk mengumpulkan, menyimpan, dan mengendalikan aliran air limbah sebelum proses pengolahan dimulai. pada tahap ini akan dilakukan pemantauan aliran air limbah serta volumennya untuk pengolahan lanjutan. Unit WWSP juga dilengkapi dengan pH kontrol yang digunakan untuk mengatur pH air limbah ke proses pengolahan selanjutnya. Unit *Waste Water Storage Pond* dapat dilihat pada **Gambar 2.4**

b. *Oxidation Pit*



**Gambar 2.5 Unit *Oxidation Pit***  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)



*Oxidation Pit* adalah unit pemrosesan air limbah yang digunakan untuk menghilangkan bahan-bahan organik yang terlarut dalam air limbah. Hal ini dilakukan agar dapat meningkatkan kualitas air limbah sebelum air limbah tersebut dibuang ke lingkungan atau akan di proses lebih lanjut. Selain itu pada unit ini terdapat ditambahkan media biofilter yang digunakan untuk menurunkan kadar BOD yang masuk. Unit *Oxidation Pit* dapat dilihat pada **Gambar 2.5**.

### c. Koagulasi-Flokulasi



**Gambar 2.6** Unit Koagulasi dan Flokulasi  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

Unit koagulasi-flokulasi di fungsikan untuk menghilangkan partikel-partikel terlarut atau tersusensi yang ada di dalam air limbah. Proses koagulasi dilakukan dengan adanya penambahan koagulan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) yang berfungsi untuk menjadi koagulan, yang nantinya akan mengubah partikel-partikel kecil yang terdispersi didalam air menjadi flok yang lebih besar dengan menggunakan pengadukan cepat (*Rapid Mixing*). Sedangkan pada unit flokulasi menggunakan pengadukan perlahan sehingga flok-flok yang terbentuk pada tahap koagulasi akan tumbuh menjadi partikel yang lebih besar. Unit Koagulasi-Flokulasi dapat dilihat pada **Gambar 2.6**.

### c. Clarifier



**Gambar 2.7 Unit Clarifier**  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

Unit *clarifier* atau sedimentasi tank adalah unit yang digunakan untuk mengendapkan partikel tersuspensi yang terbawa pada air limbah. Pada tanki *clarifier* menggunakan prinsip sedimentasi di mana air limbah yang mengandung partikel terlarut akan masuk ke bak *clarifier* yang tenang, saat air limbah masuk akan menggunakan gaya gravitasi di mana partikel-partikel tersuspensinya akan turun ke dasar bak. Unit *Clarifier* dapat dilihat pada **Gambar 2.7**.

### d. Neutralizing Pit



**Gambar 2.8 Unit Neutralizing Pit**  
(Sumber: Dokumentasi Lapangan Tahun 2023)

*Neutralizing Pit* adalah suatu unit yang dirancang untuk menetralkan pH (derajat keasaman atau kebasaan) dari air limbah setelah proses koagulasi-flokulasi. Pada proses koagulasi yang membubuhkan larutan *Poly Aluminium Chloride* (PAC) sehingga pH air akan turun, jika pH terlalu rendah maka akan ditambahkan larutan NaOH sampai pH yang ditentukan dan jika pH air terlalu tinggi maka akan ditambahkan larutan HCL untuk menurunkan pH. Menurut Tchobanoglous (2003) air limbah dengan pH rendah atau tinggi akan dinetralkan dengan menggunakan bahan kimia. Tujuan utama dari unit ini adalah untuk menyesuaikan pH air limbah agar sesuai dengan regulasi yang sudah ditetapkan berkisar 6-9. Saat ini unit *neutralizing pit* sudah meningkatkan fungsinya dengan melakukan penambahan reaktor biofilter dengan media sarang tawon seperti pada unit *oxidation pit* yang digunakan untuk menurunkan polutan organik serta sebagai bak pengendap selanjutnya setelah unit *clarifier*. Unit *neutralizing pit* dapat dilihat pada **Gambar 2.8**.

**e. Clear Pit**



**Gambar 2.9 Unit Clear Pit**

(Sumber: Dokumentasi Lapangan Tahun 2023)

Unit *clear pit* digunakan sebagai bak penampungan dari unit *neutralizing pit* dan sebagai pengecekan nilai pH pada air limbah sebelum air limbah di alirkan ke *sand filter*. Jika pH air limbah masih bersifat terlalu asam atau terlalu basa maka air limbah tersebut akan disirkulasikan kembali menuju *Waste Water Storage Pond* (WWSP).

Dalam unit *clear pit* memiliki zona pengendapan di mana partikel padatan yang berat atau terlarut di dalam air limbah akan mengendap ke dasar unit *clear pit* akibat adanya gaya gravitasi. Selanjutnya juga terdapat sistem pengumpulan lumpur atau endapan yang terbentuk didasar unit *clear pit*. Lumpur yang sudah terkumpul akan diangkut keluar dari *clear pit* secara teratur. Unit *clear pit* dapat dilihat pada **Gambar 2.9**.

**f. Sand filter**



**Gambar 2.10 Unit Sand Filter**  
(Sumber: Dokumentasi Lapangan Tahun 2023)

*Sand filter* dalam instalasi pengolahan air limbah merupakan salah satu filter yang digunakan pada tahap pemurnian air yaitu untuk menyaring logam berat dan padatan lebih kecil yang tidak hilang dari *clarifier* dan menurunkan kesadahan pada air. Media filter multimedia terdiri dari lapisan media yang berbeda seperti pasir, karbon aktif, dan antraks yang akan mengoptimalkan proses penyaringan. *Sand filter* merupakan suatu unit yang berfungsi melakukan penyaringan dengan menggunakan pasir silika. Tujuan dari penyaringannya sendiri adalah untuk memisahkan padatan tersuspensi yang ada di dalam air limbah. Proses yang terjadi selama penyaringan adalah proses pengayakan, flokulasi antar butir, sedimentasi antar butir, dan proses biologis (Arifiani dan Hadiwidodo, 2007). Dilihat dari segi desain kecepatan, filtrasi

dapat digolongkan menjadi saringan pasir cepat dan saringan pasir lambat (Martin, 2001). Unit *sand filter* dapat dilihat pada **Gambar 2.10**.

**g. Effluent**



**Gambar 2.11 Unit Effluent**  
(Sumber: Dokumentasi Lapangan Tahun 2023)

*Effluent* adalah unit yang digunakan sebagai tempat akhir air limbah setelah melewati proses dari unit-unit pengolahan air limbah. Air limbah yang sudah sampai ke *effluent* adalah air limbah yang sudah siap untuk dibuang ke lingkungan karena sudah memenuhi standar baku mutu. Pada unit *effluent* juga digunakan sebagai salah satu unit pemantauan air limbah. Unit *Effluent* dapat dilihat pada **Gambar 2.11**.

Air limbah yang telah dilakukan proses pengolahan akan dibuang ke lingkungan atau ke laut. Pembuangan air limbah yang sudah melewati tahap pengolahan akan disesuaikan dengan baku mutu air limbah yang sudah ditetapkan yaitu mengacu pada Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia SK 266/1/KLHK tahun 2020 tentang Izin Pembuangan Air Limbah ke Laut Atas Nama PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkitan Muara Karang 2.105 MW dapat dilihat pada **Tabel 2.1**.

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Yang Diizinkan Dibuang Ke Laut

| Parameter   | Satuan              | Kadar Max |
|---|---------------------|-----------|
| <b>I. Air Limbah Pendingin</b>  |                     |           |
| Temperatur  | °C                  | 40        |
| Klorin bebas ( Cl <sub>2</sub> )  | mg/L                | 0,5       |
| <b>II. Air Limbah Proses Utama / WWTP (Waste Water Treatment Plant)</b> |                     |           |
| pH  |                     | 6-9       |
| TSS   | mg/L                | 100       |
| Minyak dan Lemak  | mg/L                | 10        |
| Klorin Bebas (CL <sub>2</sub> )   | mg/L                | 0,5       |
| Kromium (Cr)  | mg/L                | 0,5       |
| Tembaga (Cu)  | mg/L                | 1         |
| Besi (Fe)   | mg/L                | 3         |
| Seng (Zn)   | mg/L                | 1         |
| Phospat (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> )                                | mg/L                | 10        |
| BOD   | mg/L                | 30        |
| COD   | Mg/L                | 100       |
| Debit Max   | m <sup>3</sup> /jam | 50        |

(Sumber: SK.266/1/KLHK/ 2020 tentang Izin pembuangan Air Limbah Ke Laut Atas Nama PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Muara Karang)

### 2.3 Lingkungan Hidup yang Terdampak

Kegiatan industri yang dilakukan di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang mulai dari proses produksi energi listrik hingga pembuangan limbah pengolahan hasil dari proses produksi akan berpengaruh terhadap komponen lingkungan hidup yang ada disekitar industri. Komponen fisik yang tercemar akibat kegiatan produksi pada industri tersebut dapat dilihat secara kasat mata pada kualitas udara menurun yang diakibatkan emisi pada mesin produksi serta adanya potensi terkontaminasinya air laut dengan limbah B3 seperti pelumas.

Komponen biotis yang terdampak adalah penurunan keanekaragaman hayati yang diakibatkan oleh proses produksi dan transportasi kendaraan bermotor yang ada diindustri. Komponen sosial yang terdampak dengan adanya industri tersebut yaitu adanya kebisingan yang diakibatkan aktivitas produksi yang berdampingan langsung dengan pemukiman penduduk dan penurunan kualitas udara akibat emisi yang di

keluarkan oleh mesin produksi. Lingkungan hidup yang terdampak dapat dilihat pada

**Tabel 2.2.**

**Tabel 2.2 Lingkungan Hidup Terdampak Akibat Aktivitas Industri**

| No | Komponen Lingkungan | Parameter  | Sumber Dampak  | Dampak  |
|----|---------------------|------------|--|---|
| 1  | Fisik               | Udara      | Aktivitas produksi dan transportasi kendaraan bermotor di industri | Berpotensi terjadi penurunan kualitas udara akibat emisi yang dikeluarkan oleh mesin produksi   |
|    |                     | Air        | Aktivitas produksi dengan adanya penambahan bahan kimia            | - Peningkatan potensi air laut terkontaminasi limbah B3 seperti pelumas<br>- Peningkatan konsentrasi partikel tersuspensi   |
| 2  | Biotis              | Flora      | Aktivitas produksi dan transportasi kendaraan bermotor di industri | Penurunan keanekaragaman hayati   |
|    |                     | Fauna      |  |   |
| 3  | Sosial              | Masyarakat | Aktivitas produksi dan transportasi kendaraan bermotor di industri | - Peningkatan kebisingan akibat aktivitas produksi berdampingan langsung dengan pemukiman<br>- Penurunan kualitas udara akibat emisi yang dikeluarkan oleh mesin produksi |

(Analisis Penulis Tahun 2023)

#### 2.4 Kriteria, Indikator dan Asumsi Objek Penelitian

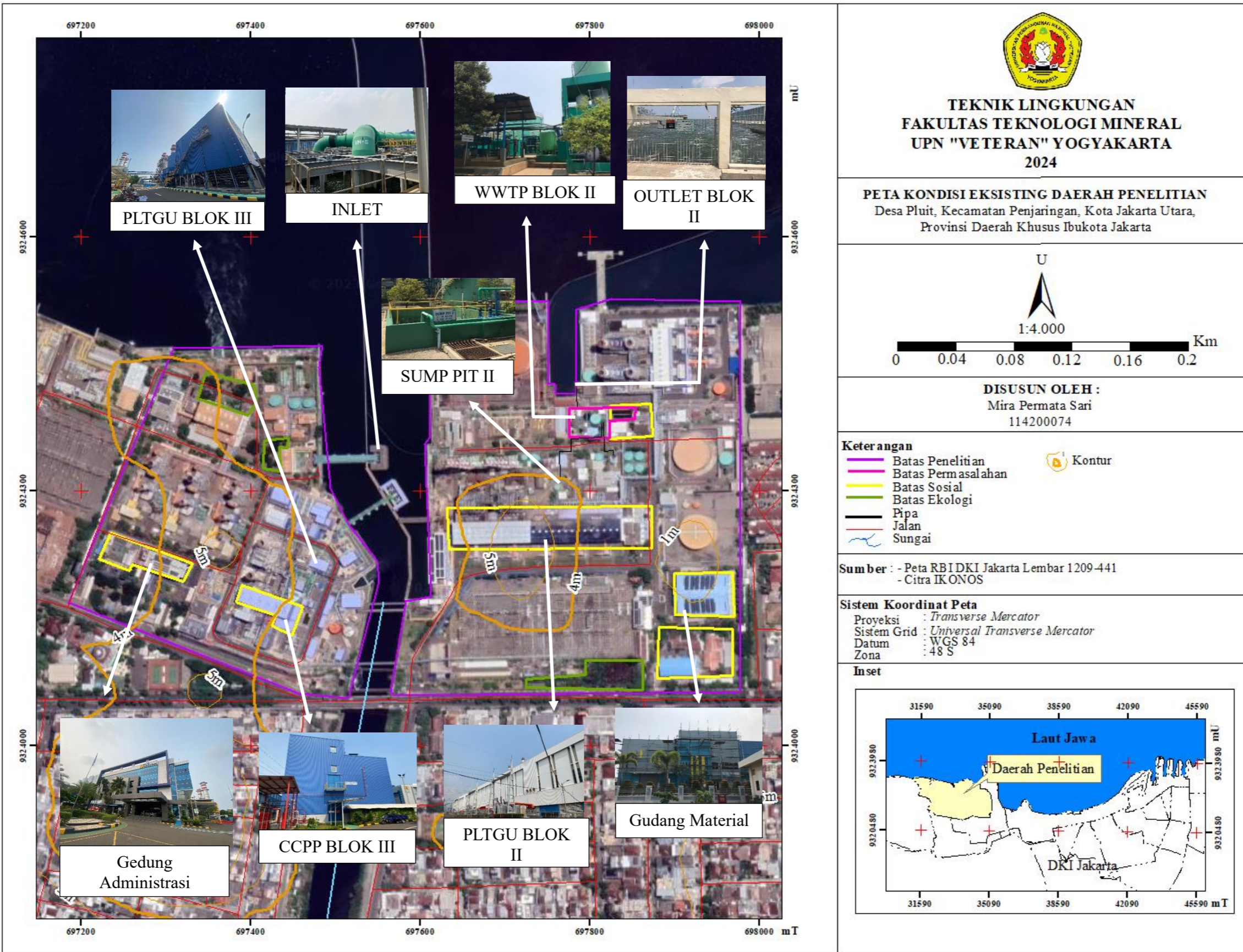
Komponen lingkungan termasuk dalam kriteria, indikator dan asumsi akan penelitian didasarkan dari parameter yang diperlukan dalam kegiatan industri. Maka dari itu telah dibentuk **Tabel 2.3** hubungan antara kriteria dan indikator yang kemudian menentukan parameter terkait:

**Tabel 2.3 Kriteria, Indikator, dan Asumsi Objek Penelitian**

| No | Kriteria            | Indikator                          | Asumsi  | Parameter |   |   |   |   |   |  |
|----|---------------------|------------------------------------|---|-----------|---|---|---|---|---|--|
|    |                     |                                    |   | 1         | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |  |
| 1  | Iklm                | Curah Hujan                        | Semakin besar curah hujan maka akan semakin tinggi potensi <i>overflow</i> WWTP dan meningkatkan kandungan air  |           |   |   |   |   |   |  |
| 2  | Kualitas Air Limbah | Sifat Fisik                        | Kualitas air limbah yang baik secara fisik tidak berwarna, berbau dan berasa.   |           |   |   |   |   |   |  |
|    |                     | Sifat Kimia                        | Kualitas air limbah yang parameternya sudah sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan untuk dibuang ke laut   |           |   |   |   |   |   |  |
| 3  | Sosial              | Karyawan                           | Jumlah karyawan yang bertambah akan meningkatkan air limbah domestik STP Blok II  |           |   |   |   |   |   |  |
| 4  | Batuan              | Jenis Batuan                       | Jenis batuan yang memiliki karakteristik berbeda-beda yang sesuai dengan proses pembentukannya. Jenis batuan yang berbeda ini akan mempengaruhi keberadaan air dibawah tanah karena memiliki permeabilitas dan porositas. |           |   |   |   |   |   |  |
| 5  | Tanah               | Jenis Tanah                        | Jenis tanah dilokasi penelitian dengan nilai permeabilitas dan porositas yang mempengaruhi laju infiltrasi air masuk ke dalam tanah.  |           |   |   |   |   |   |  |
| 6  | Tata Air            | <i>Waste Water Treatment Plant</i> | Kualitas air limbah hasil olahan yang dapat mempengaruhi ekosistem laut   |           |   |   |   |   |   |  |

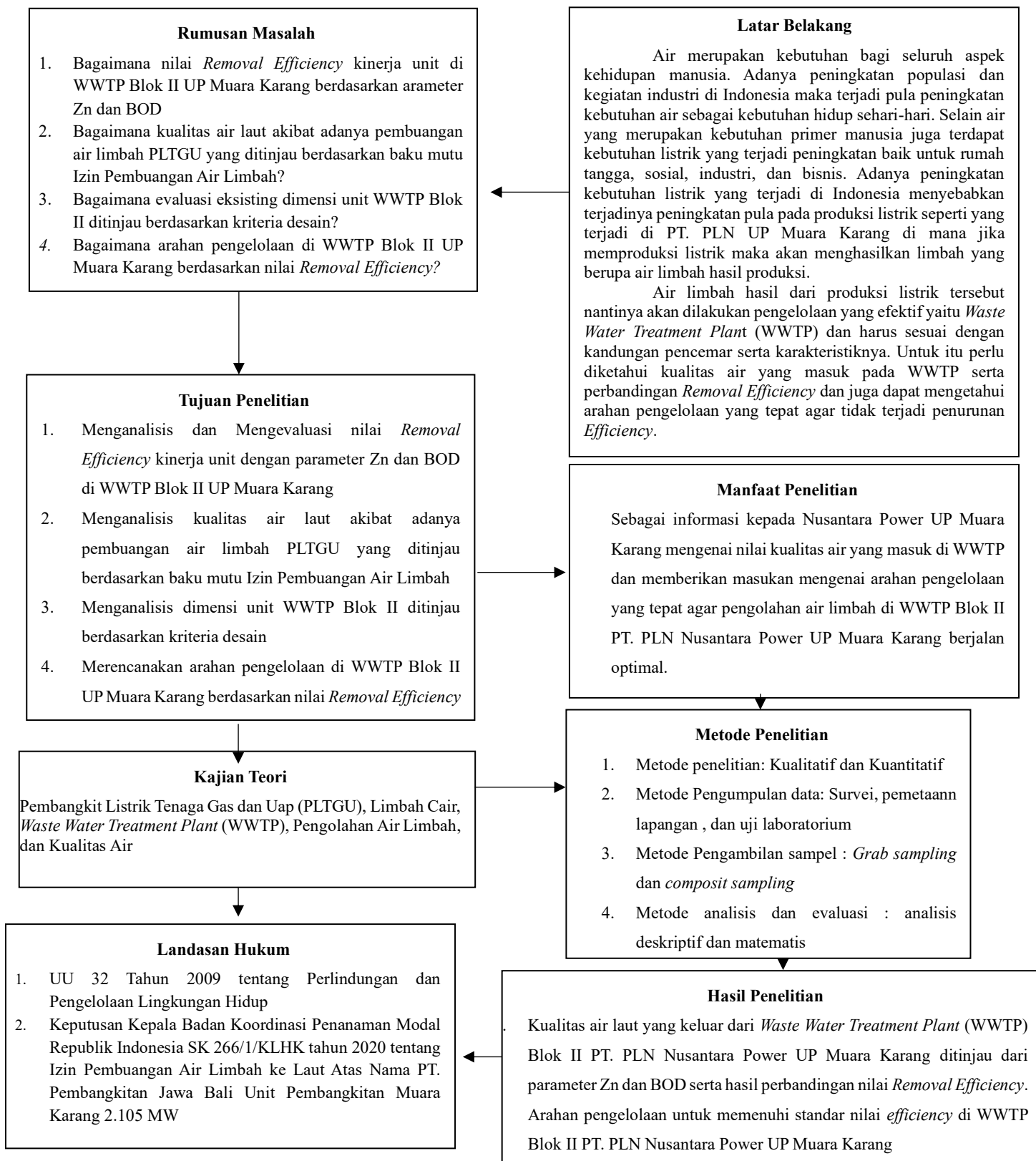
Keterangan: 1. Iklm; 2. Kualitas Air Limbah; 3. Sosial; Batuan; Tanah; Tata Air  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)





**Peta 2.1 Peta Kondisi Eksisting**  
 (Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

## 2.5 Kerangka Alur Pikir Penelitian



**Gambar 2.12 Kerangka Alur Pikir Penelitian**

(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

## **BAB III**

### **PELAKSANAAN PENELITIAN**

#### **3.1 Jenis Metode Penelitian dan Parameter yang Digunakan**

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi kualitas air yang berada di WWTP Blok II PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang yang berdasarkan pada parameter Seng (Zn) dan BOD serta nilai *removal efficiency* kinerja pada tiap unitnya. Selain itu juga memberikan arahan pengelolaan untuk mengoptimalkan kinerja efisiensi unitnya. Data yang digunakan dalam penelitian berupa data primer dan data sekunder. Data primer sendiri adalah data yang diperoleh dari hasil pengukuran yang dilakukan secara langsung di lapangan dan data sekunder adalah data yang diperoleh dari PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang ataupun instansi terkait. Kedua data tersebut nantinya akan dengan berbagai metode penelitian yang akan di laksanakan. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode kombinasi yaitu metode kualitatif dan kuantitatif. Metode kuantitatif nantinya akan digunakan dalam proses pengambilan data lalu data tersebut akan dianalisis dengan pengamatan dilapangan dengan menggunakan metode kualitatif. Pelaksanaan penelitian juga dilakukan pengumpulan data primer maupun sekunder, survei lapangan, pengambilan sampling air limbah, pengujian laboratorium, analisis, dan evaluasi.

##### **3.1.1 Metode Pengumpulan dan Pengolahan Data**

Data yang digunakan dalam penelitian yaitu data primer dan data sekunder. Metode yang digunakan yakni metode survei lapangan, sampling air limbah, dan uji laboratorium. Terdapat pula data yang harus dianalisis dalam penelitian seperti sampel

air limbah serta data desain unit WWTP. Hasil analisis akan dimuat dalam bentuk tabel, grafik ataupun gambar.

### **3.1.2 Metode Survei dan Pemetaan**

Metode survei dan pemetaan lapangan adalah metode yang bertujuan agar mengetahui kondisi eksisting lokasi penelitian secara langsung. Tujuannya untuk mendapatkan dan juga memastikan data kondisi eksisting di daerah penelitian serta melakukan *crosscheck* data-data yang sudah didapatkan dengan data yang sudah ada. Data-data yang perlu dilakukan *crosscheck* yaitu seperti data satuan batuan, tanah, tata air, flora, fauna, penggunaan lahan, dan penentuan titik sampling. Survei lapangan untuk mendapatkan data primer pada lokasi penelitian juga didukung dengan data sekunder yang digunakan sebagai data acuan yang sifatnya sementara. Data sekunder digunakan sebagai gambaran awal rona lingkungan pada lokasi penelitian untuk memudahkan kinerja di lapangan.

### **3.1.3 Metode Sampling**

Pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan *grab sampling* dan *composit sampling*. Teknik *grab sampling* merupakan teknik pengambilan sampel secara langsung. Pengambilan sampel nantinya akan dilakukan di WWTP Blok II PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang dan titik penataan air laut dengan radius 30 Sampel air limbah akan diambil pada masing-masing unit pengolahan sedangkan pada unit WWSP akan dilakukan dengan metode *composit sampling* yakni adalah metode pengambilan sampel dimana beberapa sampel individu dari lokasi atau waktu yang berbeda digabungkan menjadi satu sampel campuran sebelum dianalisis. Terdapat 8 unit pengolahan yang masing masing akan diambil 3 sampel (*triplo*) dalam satu waktu.

Pengambilan sampel titik pengamatan air laut dilakukan dengan menggunakan teknik *grab sampling*. Pengambilan air laut akan dilakukan pada titik yang sudah ditentukan oleh perusahaan. Terdapat 1 titik sampling pada penataan atau pemantauan air laut dan akan diambil 3 sampel (*triplo*) dalam satu waktu. Proses pengambilan sampling air limbah dilakukan dengan memasukan botol secara keseluruhan ke dalam air limbah lalu menutup rapat agar tidak ada oksigen yang masuk ke dalam ke dalam botol sesuai dengan SNI 6989-57-2008. Sampel air limbah dan air laut yang sudah diambil akan dilakukan pengujian Zn dan BOD di laboratorium. Pada pengukuran BOD akan dilakukan inkubasi selama 5 hari dengan suhu 20°C sesuai dengan SNI 698972:2009.

### 3.1.4 Metode Uji Laboratorium

Metode uji laboratorium digunakan sebagai kegiatan pengujian dan analisis data yang dilakukan di dalam laboratorium atau tidak secara langsung dilapangan karena membutuhkan beberapa alat dan bahan. Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui kualitas air limbah yang terdapat di WWTP Blok II PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang. Parameter yang digunakan sebagai uji laboratorium adalah Seng (Zn) dan BOD yang mengacu pada Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia SK 266/1/KLHK tahun 2020 tentang Izin Pembuangan Air Limbah ke Laut Atas Nama PT. Pembangkitan Jawa-Bali Unit Pembangkitan Muara Karang 2.105 MW yang dapat dilihat pada **Tabel 3.1**.

**Tabel 3.1 Baku Mutu Air Limbah Yang Diizinkan Dibuang Ke Laut**

| Parameter      | Satuan              | Kadar Max |
|----------------|---------------------|-----------|
| Seng (Zn)      | mg/L                | 1         |
| BOD            | mg/L                | 30        |
| Debit Maksimum | m <sup>3</sup> /jam | 50        |

(Sumber : Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia SK 266/1/KLHK tahun 2020)

### 3.1.5 Metode Analisis dan Evaluasi

Metode analisis dan evaluasi dilakukan untuk mengetahui keterkaitan antara permasalahan, dampak yang terjadi dan arahan pengelolaan yang harus dilakukan. Penelitian ini menggunakan dua metode analisis dan evaluasi yaitu analisis matematis dan analisis deskriptif. Metode analisis matematis digunakan untuk melakukan perhitungan nilai *removal efficiency* parameter Zn dan BOD dengan menggunakan data-data yang telah diperoleh saat pengujian di laboratorium dan digunakan untuk menghitung waktu detensi serta dimensi unit WWTP Blok II. Metode analisis deskriptif akan digunakan saat semua data yang didapatkan sudah dilakukan analisis

Selanjutnya apabila sudah dapat diketahui nilai *removal efficiency* kinerja unit dengan parameter Zn dan BOD serta dimensi unit yang telah dibandingkan dengan kriteria desain sehingga dapat ditentukan arahan pengelolaan yang tepat agar kinerja unit dapat optimal berdasarkan hasil nilai *removal efficiency* unit dan tidak menimbulkan permasalahan lingkungan. Adapun kriteria desain unit di WWTP Blok II PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang mengacu pada *American Water Works Association and American Society of Civil Engineering (AWWA and ASCE)* tahun 2005 dan *Waste Water Engineering Treatment and Reuse 4<sup>th</sup> Edition* tahun 2004 dengan kriteria desain setiap unit ditampilkan pada **Tabel 3.2** sampai **Tabel 3.6**.

**Tabel 3.2 Kriteria Desain Waste Water Treatment Plant**

| Aerasi Difusi        | Satuan | Nilai          |
|----------------------|--------|----------------|
| Rasio Lebar : Tinggi |        | 1 : 1-2, 2 : 1 |
| Waktu Tinggal        | Detik  | 1800           |

(Sumber : AWWA & ASCE, 2005 dan Metcalf & Eddy, 2004)

**Tabel 3.3 Kriteria Desain Bak Koagulasi**

| Tangki Koagulasi  | Satuan          | Nilai         |
|-------------------|-----------------|---------------|
| Gradien Kecepatan | s <sup>-1</sup> | 500-1500      |
| Waktu Tinggal     | Detik           | 5-30          |
| G x td            |                 | 20.000-30.000 |

(Sumber : Metcalf & Eddy, 2004)

Tabel 3.4 Kriteria Desain Bak Flokulasi

| Tangki Flokulasi  | Satuan          | Nilai                             |
|-------------------|-----------------|-----------------------------------|
| Gradien Kecepatan | s <sup>-1</sup> | 50-100                            |
| Waktu Tinggal     | Detik           | 1.800-3.600                       |
| G x td            |                 | 10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup> |

(Sumber : Metcalf &amp; Eddy, 2004)

Tabel 3.5 Kriteria Desain Bak Clarifier

| Tangki Clarifier     | Satuan                                | Nilai        |
|----------------------|---------------------------------------|--------------|
| Kedalaman Bak        | m                                     | 3-4,9        |
| Surface Loading Rate | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> . hari | 30-50        |
| Waktu Tinggal        | Detik                                 | 5.400 - 9000 |
| Bilangan Reynold     |                                       | <2000        |

(Sumber : Metcalf &amp; Eddy, 2004)

Tabel 3.6 Kriteria Desain Sand Filter

| Tangki Sand Filter      | Satuan                  | Nilai     |
|-------------------------|-------------------------|-----------|
| Kedalaman medium filter | mm                      | 900-1.800 |
| Efektif size            | mm                      | 2-3       |
| Kecepatan aliran        | l/m <sup>2</sup> .menit | 80-400    |

(Sumber : Metcalf &amp; Eddy, 2004)

### 3.2 Lintasan Pemetaan dan Teknik Sampling

Penentuan titik lintasan pada daerah penelitian dilakukan berdasarkan tempat atau titik pelaksanaan diambilnya sampling air limbah serta kondisi eksisting yang berada di daerah lokasi penelitian. Lintasan penelitian dilakukan untuk mengetahui lintasan penelitian dalam mendapatkan data atau sampel di lapangan dengan tujuan menggambarkan kondisi aktual di area penelitian. Pembuatan lintasan penelitian dapat mempertimbangkan beberapa hal seperti data sekunder, peta, citra satelit dan hasil pengamatan aktual di lapangan. Lintasan penelitian akan berperan penting pada pelaksanaan kegiatan di lapangan karena lintasan yang dibuat akan menjadi acuan dalam penelitian dan dapat menentukan arah dari tahapan survei, pemetaan lanjutan, dan pengambilan sampel. Peta lintasan pemetaan dapat dilihat pada **Peta 3.1**

Pengambilan sampel yang dilakukan dengan dua metode yaitu teknik *grab sampling* yang akan dilaksanakan pada masing-masing unit yang berada di WWTP Blok II PT. PLN Nusantara Power dan pengambilan sampel air laut di titik penataan

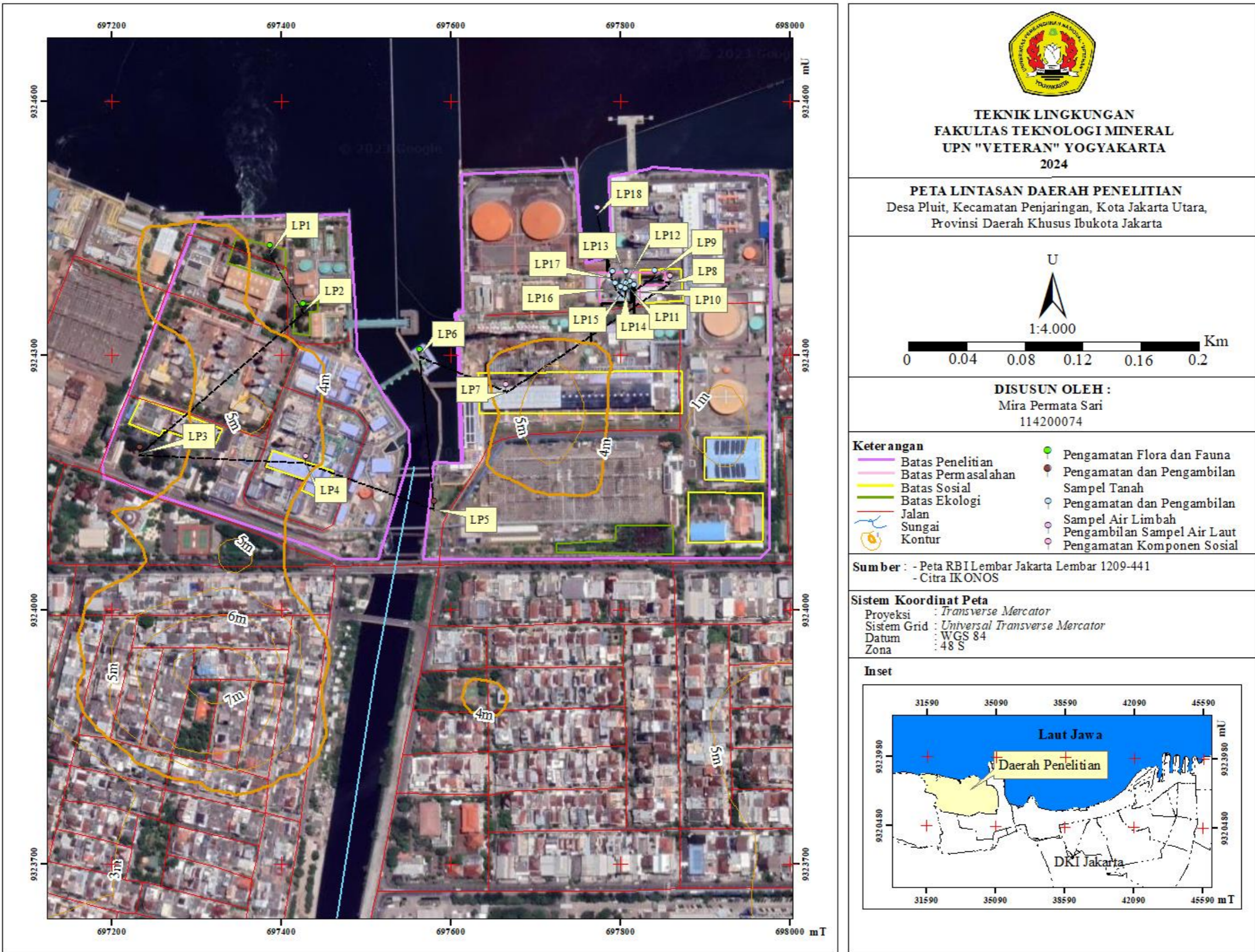
atau pemantauan dengan radius 30 m. Hasil dari pengambilan sampling air limbah ini akan digunakan sebagai bahan yang diujikan di laboratorium sesuai dengan parameter Zn dan BOD. Hasil akhir dari pengujian akan menjadi dasar dalam mengevaluasi dan menentukan arahan pengelolaan dengan berdasarkan hasil nilai *removal efficiency*. Keterangan lintasan pemetaan dapat dilihat pada **Tabel 3.7**.

**Tabel 3.7 Lintasan Pemetaan**

| No | Lintasan Pemetaan (LP) | Keterangan  |
|----|------------------------|---|
| 1. | LP1, LP2, dan LP6      | Titik Pengamatan Flora dan Fauna  |
| 2. | LP3 dan LP5            | Titik Pengamatan dan Pengambilan Sampel Tanah                           |
| 3. | LP4 dan LP7            | Titik Pengamatan Komponen Sosial  |
| 4. | LP8                    | Titik Pengamatan dan Pengambilan Sampel Air Limbah di Unit WWTP Blok II |
| 5. | LP9                    | Titik Pengambilan Sampel Air Laut                                       |

(Analisis Penulis Tahun 2023)


















**Peta 3.1 Peta Lintasan Penelitian**  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

### 3.3 Perlengkapan Penelitian

Penelitian di WWTP Blok II PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang memerlukan beberapa alat dan perlengkapan pendukung, perlengkapan tersebut disajikan dalam **Tabel 3.8** berikut :

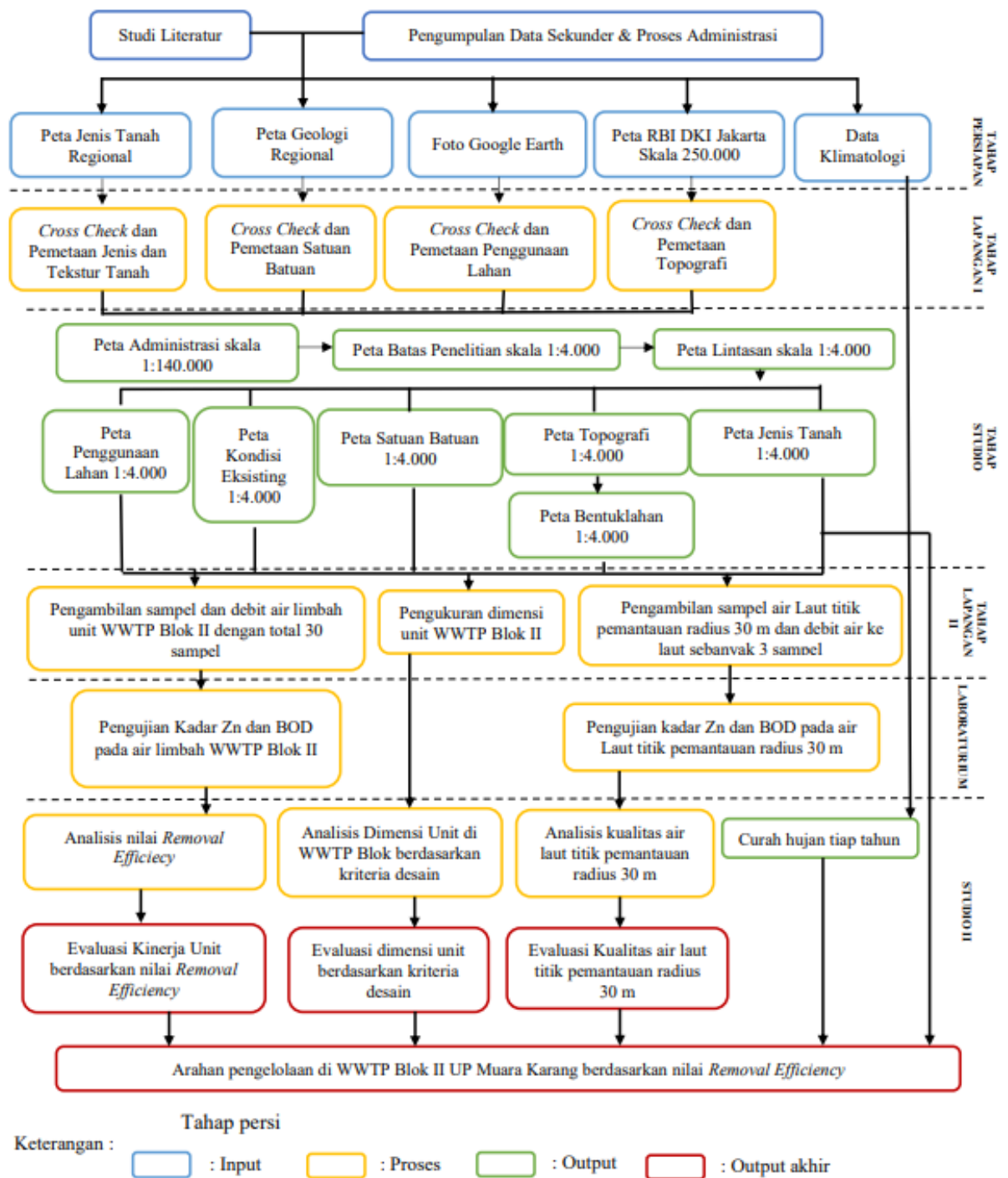
**Tabel 3.8 Perlengkapan Penelitian**

| No       | Perlengkapan Penelitian                                 | Kegunaan  | Hasil  | Gambar  |
|----------|---|---|--|---|
| <b>1</b> | <b>Bahan</b>  |   |  |   |
|          | Peta RBI Lembar DKI Jakarta                             | Dasar dalam pembuatan peta tentatif daerah penelitian                   | Peta Administrasi                                      |    |
|          | Foto Google Earth, 2023                                 | Acuan dasar pembuatan peta penggunaan lahan dan peta batasan penelitian | Peta Penggunaan Lahan dan Peta Batas Daerah Penelitian |   |
|          | Peta Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu        | Acuan dasar penggunaan peta satuan batuan                               | Peta Satuan Batuan                                     |   |
|          | Peta Geologi Teknik JABODETABEKPUNJUR Skala 1:1.000.000 | Acuan dasar penggunaan peta jenis tanah                                 | Peta Jenis Tanah                                       |   |
| <b>2</b> | <b>Alat dan Bahan</b>                                   |   |  |   |
|          | Botol Sampel  | Tempat menyimpan sampel air   | Sampel yang diambil untuk diuji                        |  |
|          | Alat pelindung diri                                     | Melindungi diri dalam penelitian  | Keselamatan diri dalam penelitian                      |  |
|          | Kamera  | Media untuk dokumentasi kegiatan  | Informasi pendukung data dokumentasi                   |  |
|          | Alat tulis  | Mencatat data dan hal penting   | Informasi data tertulis                                |  |
|          | <i>Spektrofotometri</i>                                 | Sebagai alat pengukur kualitas air limbah                               | Mengetahui nilai kadar Zn air limbah                   |  |
|          | Inkubator   | Sebagai alat inkubasi pengukur BOD                                      | Mengetahui kadar konsentrasi kandungan BOD             |  |

| 3 Alat dan Bahan |                       |  |                                   |   |
|------------------|-----------------------|--|-----------------------------------|---|
|                  | Reagen Seng (Zn)      | Sebagai alat pengukur kualitas air                       | Bahan reaksi Zn                   |    |
|                  | <i>Aquades</i>        | Sebagai penetral alat pengujian                          |                                   |    |
|                  | Gelas Ukur 1000 ml    | Tempat mengukur air sampel sebelum diuji                 |                                   |    |
| 4 Laboratorium   |                       |  |                                   |   |
|                  | Alat uji laboratorium | Analisis kualitas sampel air limbah di unit WWTP Blok II | Kualitas Fisik, Kimia dan Biologi |    |
| 5 Studio         |                       |  |                                   |   |
|                  | Laptop dan Komputer   | Pembuatan laporan dan gambar peta dari data penelitian   | Laporan hasil penelitian          |   |
|                  | Alat tulis            | Mencatat data yang dibutuhkan                            | Informasi terkait                 |  |

(Analisis Studio Tahun 2023)

### 3.4 Tahapan Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

#### 3.4.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan adalah kegiatan yang dilakukan untuk mengumpulkan data secara langsung dilapangan dengan melakukan pengamatan serta pengukuran secara

langsung di lokasi penelitian. Data tersebut merupakan data yang valid dan dapat dipercaya untuk digunakan.

#### a. Studi Literatur

Studi literatur merupakan tahapan yang dilakukan dengan melibatkan pencarian atau pengumpulan atau analisis dari bahan bacaan yang relevan dengan topik atau permasalahan yang sedang diteliti. Tahapan studi literatur ini dapat dilakukan dengan mengacu dengan sumber seperti jurnal, tesis, maupun skripsi yang membahas mengenai topik penelitian yang sedang dilaksanakan. Studi literatur ini penting karena dapat menambahkan pemahaman mengenai topik penelitian yang sedang dilaksanakan.

#### b. Pengumpulan Data Sekunder

Data-data sekunder merupakan data yang menyangkut masalah yang ada di dalam penelitian dan digunakan sebagai acuannya. Data sekunder yang diperoleh dari instansi atau lembaga yang berkenan datanya digunakan sebagai acuan dalam penelitian. Data ini digunakan sebagai acuan dalam tahap lapangan seperti pemetaan dan pembuatan peta tentatif. Data sekunder dalam penelitian ini meliputi : data curah hujan, data tanah, data batuan, dan data citra serta kontur daerah lokasi penelitian dapat dilihat pada **Tabel 3.9**.

**Tabel 3.9 Data Sekunder yang Dibutuhkan**

| No. | Komponen Lingkungan | Parameter | Sumber Data  |
|-----|---------------------|-----------|--|
| 1.  | Lingkungan Geofisik | Iklm      | Data Curah Hujan menurut Stasiun Meteorologi Tanjung Priok |
|     |                     | Topografi | Peta RBI DKI Jakarta Skala 1:250.000                       |
|     |                     | Tanah     | Peta Geologi Teknik JABODETABEKPUN JUR Skala 1:1.000.000   |
|     |                     | Batuan    | Peta Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu           |

| No. | Komponen Lingkungan          | Parameter        | Sumber Data       |
|-----|------------------------------|------------------|-------------------|
| 2.  | Lingkungan Sosial dan Budaya | Penggunaan Lahan | Citra IKONOS 2023 |

(Analisis Penulis Tahun 2023)

### c. Administrasi

Tahap administrasi merupakan tahap perijinanannya penelitian di lokasi yang akan dilakukan penelitian yaitu PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang. Pengurusan perizinan penelitian dilakukan melalui akademik dan lembaga terkait melalui surat. Sehingga surat izin akan diberikan oleh Jurusan Teknik Lingkungan UPN “Veteran” Yogyakarta kepada PT. PLN Nusantara Power. Sehingga dalam melaksanakan penelitian mendapatkan kesempatan untuk mengambil data serta melakukan penelitian di lokasi

### 3.4.2 Tahap Lapangan I

Tahap lapangan I adalah kegiatan pengumpulan data secara langsung di lapangan yang valid dan bisa dipercaya untuk digunakan. *Output* dari kegiatan lapangan I ini untuk membantu pembuatan peta satuan batuan, peta penggunaan lahan, peta bentuklahan pada lokasi penelitian. Tahap lapangan ini juga membutuhkan data sekunder sementara untuk memvalidasikan data sekunder yang sudah ada dengan kondisi eksisting di lapangan. Data tahap lapangan I dapat dilihat pada **Tabel 3.10**.

**Tabel 3.10 Data Tahap Lapangan I**

| No | Komponen Lingkungan | Parameter     | Sumber Data  |
|----|---------------------|---------------|--|
| 1. | Lingkungan Geofisik | Topografi     | <i>Crosscheck</i> peta topografi hasil pengolahan foto udara dengan kondisi di daerah penelitian                   |
|    |                     | Bentuklahan   |  |
|    |                     | Tanah         | <i>Crosscheck</i> hasil analisis peta tentatif jenis tanah dengan kondisi jenis satuan batuan di lokasi penelitian |
|    |                     | Satuan Batuan | <i>Crosscheck</i> hasil analisis peta tentatif   |

| No | Komponen Lingkungan | Parameter        | Sumber Data  |
|----|---------------------|------------------|--|
|    |                     |                  | jenis satuan batuan dengan kondisi jenis satuan batuan dilokasi penelitian |
| 2. | Lingkungan Biotis   | Jenis Flora      | Hasil pengamatan lapangan  |
|    |                     | Jenis Fauna      | Hasil pengamatan lapangan  |
| 3. | Lingkungan Sosial   | Penggunaan Lahan | <i>Crosscheck</i> hasil foto citra IKONOS dengan kondisi lokasi penelitian |

(Analisis Studio Tahun 2023)

### 3.4.2.1 Pengamatan Lingkungan Geofisik

Pengamatan lingkungan geofisik dilakukan dengan melakukan *crosscheck* pada peta atau data sekunder yang sudah didapatkan. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui perbandingan kondisi eksisting yang ada di lapangan dengan data sekunder yang telah didapatkan sebelumnya. Hal ini bertujuan untuk mengoreksi data peta agar sesuai dengan kondisi eksisting dilokasi penelitian. Topografi, Bentuklahan, Satuan Batuan, dan Jenis Tanah di lokasi penelitian.

*Crosscheck* dilakukan dengan membandingkan kondisi eksisting dilokasi penelitian yang ditinjau dengan kondisi topografi dan bentuklahan yang ditinjau dengan berdasarkan peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:25.000. Sedangkan untuk jenis tanah ditinjau berdasarkan peta Geologi Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu dan untuk satuan batuan karena tidak dapat ditemukan singkapan batuan pada lokasi penelitian sehingga hanya menggunakan data sekunder yaitu peta Peta Geologi Teknik JABODETABEKPUNJUR Skala 1:1.000.000.

### 3.4.2.2 Pengamatan Lingkungan Biotis

Pengamatan lingkungan biotis bertujuan untuk mengetahui dan mendapatkan data primer secara langsung flora dan fauna yang berada dilokasi penelitian. Pengambilan dilakukan dengan cara mendokumentasikan dan mencatat flora dan

fauna yang ada dilokasi penelitian. Analisis pada flora dan fauna akan digunakan sebagai acuan dalam analisis pengaruh air limbah hasil pengolahan dengan terhadap lingkungan biotis disekitar lokasi penelitian

### **3.4.3 Tahap Studio**

Tahap studio memiliki tujuan untuk mengolah data-data yang telah diperoleh sebelumnya sehingga akan dihasilkan data yang sifatnya aktual atau terkini dan menrepresentasikan lokasi daerah penelitian. Hasil yang diperoleh dari tahap studio ini yaitu berupa Peta penggunaan lahan, Satuan batuan, Topografi, Bentuklahan, dan Jenis Tanah.

### **3.4.4 Tahap Lapangan II**

Tahap lapangan II merupakan lanjutan dari tahap lapangan I yaitu merupakan tahapan pengambilan sampel air limbah tiap unit dan air laut yang akan di ujikan di laboratorium dan pengukuran dimensi unit WWTP Blok II. Proses pengambilan sampel menggunakan peta lintasan sebagai acuannya.

#### **3.4.4.1 Pengambilan Sampel Air Limbah Tiap Unit WWTP**

Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada 8 titik di tiap unit prosesnya. Pengambilan sampel air limbah pada masing-masing unit ini menggunakan teknik *grab sampling* secara *triplo* atau pengambilan secara 3 kali berturut-turut dalam satu waktu. Proses pengambilan sampel air limbah dilakukan dengan mengambil air limbah menggunakan tali panjang dan botol sampel air yang telah disediakan sesuai dengan SNI 6989-59-2008 tentang Pengambilan Air Limbah. Pengambilan air limbah pada tiap unitnya dilakukan sesuai dengan waktu detensi pada masing masing unit di



WWTP Blok II. Proses pengambilan sampel air limbah di WWTP Blok II dapat dilihat pada **Gambar 3.2**.



**Gambar 3.2 Pengambilan Air Sampel di LP8**  
(Dokumentasi Lapangan Tahun 2023)

#### 3.4.4.2 Pengambilan Sampel Air Limbah di Titik Pemantauan Air Laut

Pengambilan sampel air limbah di titik penataan laut dengan radius 30 m dilakukan dengan Teknik *Grab Sampling*. Pengambilan sampel di titik penataan air laut dengan radius 30 m diambil secara *triplo* atau pengambilan secara 3 kali berturut-turut dalam satu waktu. Proses pengambilannya juga tetap menggunakan gayung bertangkai panjang atau tali panjang dan botol sampel yang sudah disediakan sesuai dengan SNI 6989-59-2008 tentang Pengambilan Air Limbah.



**Gambar 3.3 Pengambilan Air Sampel Pemantauan Air Laut Pada LP9**  
(Dokumentasi Lapangan Tahun 2023)

### 3.4.4.3 Pengukuran Dimensi Unit di WWTP Blok II

Pengukuran dimensi unit WWTP dilakukan untuk mengevaluasi unit WWTP dengan kriteria desain yang digunakan. Pengukuran ini dilakukan dengan menggunakan meteran pada masing-masing unit WWTP Blok II. Selain mengetahui ukuran dimensi masing-masing unit juga melihat debit air yang masuk pada masing-masing unit WWTP.

### 3.4.5 Tahap Laboratorium

Tahap laboratorium digunakan untuk menguji seluruh data primer sampel air limbah yang sudah didapatkan pada tahap Lapangan II. Pengujiannya dilakukan di laboratorium WWTP Blok II UP Muara Karang dengan menguji kualitas air limbah masing masing unit dan titik penataan air laut dengan menggunakan parameter BOD dan Zn.

#### 3.4.5.1 Tahap Uji Laboratorium Air Limbah Unit WWTP dan Titik Penataan Air Laut

Metode uji laboratorium WWTP Blok II dan Titik Penataan Air Laut dengan menggunakan parameter BOD dan Zn. Pengujian air limbah mengacu pada Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia SK 266/1/KLHK tahun 2020 tentang Izin Pembuangan Air Limbah ke Laut Atas Nama PT. Pembangkitan Jawa Bali Unit Pembangkitan Muara Karang 2.105 MW. Parameter baku mutu air limbah dapat dilihat pada **Tabel 3.11** dan baku mutu air laut limbah hasil pengolahan dapat dilihat pada **Tabel 3.12**.

**Tabel 3.11 Parameter Baku Mutu Air Limbah Industri Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap**

| Parameter | Satuan | Kadar Max |
|-----------|--------|-----------|
| Seng (Zn) | mg/L   | 1         |
| BOD       | mg/L   | 30        |

(Sumber : Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia SK 266/1/KLHK tahun 2020)

Tabel 3.12 Parameter Baku Mutu Air Laut yang Tercampur Limbah Hasil Pengolahan

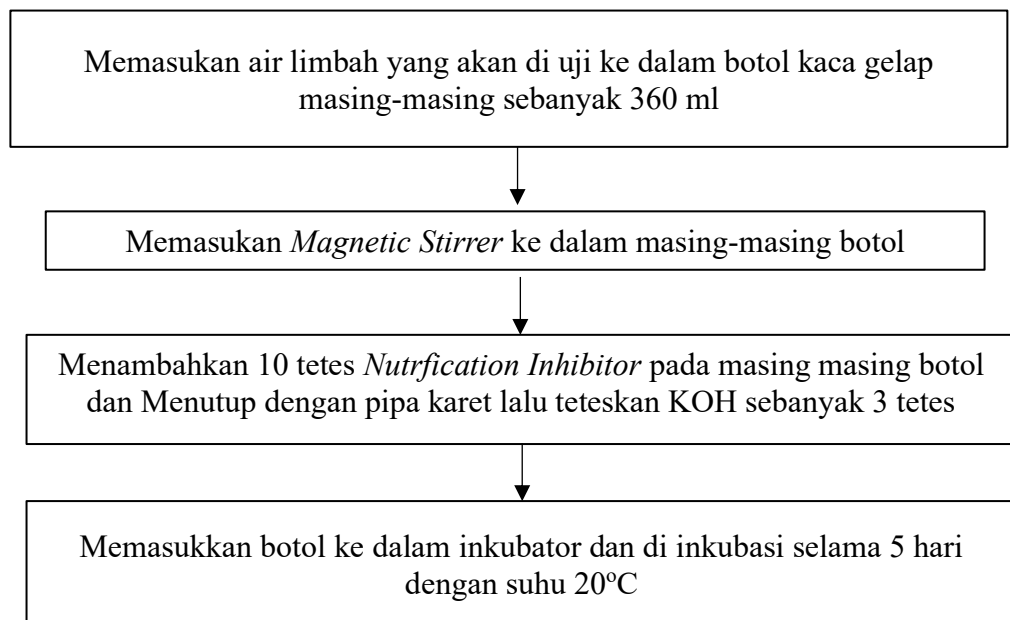
| Parameter | Satuan | Kadar Max |
|-----------|--------|-----------|
| Seng (Zn) | mg/L   | 0,5       |
| BOD       | mg/L   | 20        |

(Sumber : Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia SK 266/1/KLHK tahun 2020)

a. Pengujian BOD

Pengujian BOD dilakukan dengan melakukan beberapa tahapan di dalamnya.

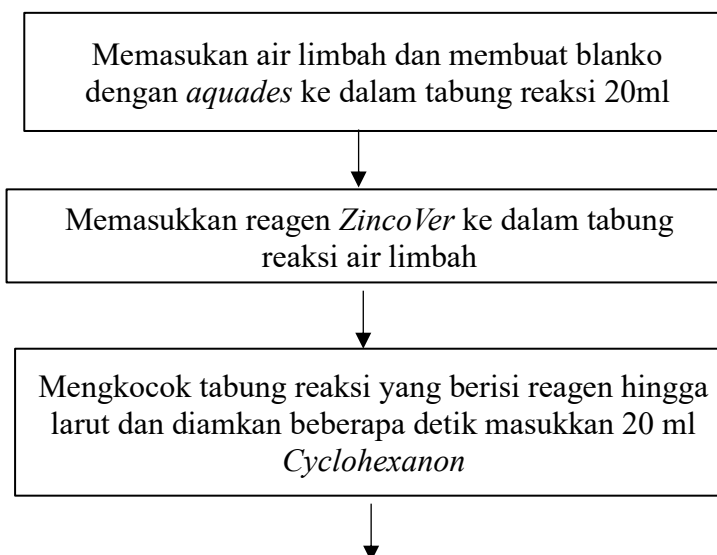
Berikut diagram alir tahapan proses uji laboratorium BOD pada **Gambar 3.4**.



**Gambar 3.4 Tahapan Pengujian BOD**  
(Analisis Penulis Tahun 2023)

b. Pengujian Zn

Pengujian Zn dilakukan di laboratorium WWTP dengan menggunakan metode spektrofotometri, berikut diagram alir tahapan pengujian Zn pada **Gambar 3.5**.







Mengelap tabung reaksi blanko dan masukkan ke dalam Hach Dr 900 lalu pilih menu *Zincover* dan tekan *Zero*

**Gambar 3.5 Tahapan Pengujian Zn**  
(Analisis Penulis Tahun 2023)

Tahapan pengujian parameter BOD dan Zn ini menggunakan dan bahan yang dibutuhkan dan tersaji pada **Tabel 3.13**.

**Tabel 3.13, Alat dan Bahan Penelitian**

| No | Perlengkapan            | Kegunaan   | Gambar  |
|----|-------------------------|--|---|
| 1. | Inkubator               | Alat Inkubasi BOD                                |    |
| 2. | Gelas Ukur 1000 ml      | Mengukur air limbah yang masuk ke dalam botol    |   |
| 3. | Botol Kaca Gelap        | Wadah limbah cair untuk pengujian BOD            |  |
| 4. | <i>Magnetic Stirrer</i> | Alat Pengaduk di BOD Meter                       |  |
| 5. | Aquades                 | Sebagai pengeceran dan sampel blanko             |  |
| 6. | <i>Spektrofotometri</i> | Alat Uji Parameter Zn                            |  |
| 7. | Tabung Reaksi           | Sebagai wadah pengujian air limbah di hach dr900 |  |
| 8. | Pipet                   | Menambahkan <i>Cyclohexanon</i>                  |  |

| No    | Perlengkapan                   | Kegunaan   | Gambar  |
|-------|--------------------------------|--|---|
| Alat  |                                |  |   |
| Bahan |                                |  |   |
| 9.    | Reagen <i>ZincoVer</i>         | Sebagai reagen dalam pengujian Zn  |  |
| 10.   | KOH                            | Sebagai penangkap gas karbon dioksida (CO <sub>2</sub> )   |  |
| 11.   | <i>Nitrification Inhibitor</i> | Sebagai pencegahan nitrifikasi yang akan mengganggu pengukuran BOD   |  |
| 12.   | <i>Cyclohexanon</i>            | Sebagai pelarut dalam prosedur ekstraksi atau sebagai komponen dalam reagen untuk mempersiapkan sampel sebelum analisis. |  |

(Analisis Penulis Tahun 2023)

### 3.4.6 Tahap Studio II

Hasil kegiatan lapangan I dan II yang telah dilakukan akan menghasilkan data primer dan data sekunder yang kemudian dianalisis dan disajikan dalam bentuk narasi, grafik, tabel, dan peta.

#### 3.4.6.1 Kerja Untuk Sajian Rona Lingkungan

Data sekunder dan primer yang sudah dikumpulkan akan dianalisis lalu akan disajikan dalam bentuk grafik, tabel maupun peta. Komponen data rona lingkungan yang di tampilkan yaitu curah hujan tiap tahunnya, topografi, jenis tanag, satuan batuan, bentuklahan, dan penggunaan lahan. Data sekunder curah hujan selama 10 tahun melalui Stasiun Hujan Tanjung Priok yang akan diklasifikasikan menjadi beberapa tipe iklim berdasarkan metode Schmidt-ferguson pada **Tabel 3.14**.

**Tabel 3.14 Klasifikasi Iklim Menurut Schmidt-Ferguson**

| Golongan | Nilai Q         | Iklim       |              |
|----------|-----------------|-------------|--------------|
|          |                 | Klasifikasi | Tipe         |
| I        | $0 < Q < 0,143$ | A           | Sangat Basah |

| Golongan | Nilai Q             | Iklim       |                   |
|----------|---------------------|-------------|-------------------|
|          |                     | Klasifikasi | Tipe              |
| II       | $0,143 < Q < 0,333$ | B           | Basah             |
| III      | $0,333 < Q < 0,600$ | C           | Agak Basah        |
| IV       | $0,600 < Q < 1,000$ | D           | Sedang            |
| V        | $1,000 < Q < 1,670$ | E           | Agak Kering       |
| VI       | $1,670 < Q < 3,000$ | F           | Kering            |
| VII      | $3,000 < Q < 7,000$ | G           | Sangat Kering     |
| VIII     | $7,000 > Q$         | H           | Luar Biasa Kering |

### 3.4.6.2 Kerja Untuk Sajian Evaluasi Hasil Penelitian

#### a. Analisis Nilai *Removal Efficiency*

Analisis nilai *removal efficiency* dilakukan di masing-masing unit WWTP Blok II UP Muara Karang. Analisis nilai *removal efficiency* dilakukan untuk mengetahui apakah pengolahan air limbah yang dilakukan di unit WWTP Blok II sudah berjalan secara efisien dengan menggunakan parameter BOD dan Zn. Hal ini dilakukan untuk agar air yang sudah melewati proses pengolahan di WWTP Blok II akan sesuai dengan baku mutu yang sudah ditetapkan dan aman dibuang ke lingkungan. Berikut merupakan rumus *Removal Efficiency* :

$$\text{Removal efficiency (\%)} = \left( \frac{A-B}{A} \right) \times 100\% \dots\dots\dots \text{Persamaan 3.1}$$

A : Konsentrasi Awal (mg/L)

B : Konsentrasi Akhir (mg/L)

#### b. Analisis Kualitas Air Laut Titik Penaatan

Analisis kualitas air laut di titik penaatan yang sudah di tentukan oleh KLHK. Analisis kualitas air laut ini digunakan untuk mengetahui apakah kondisi air laut yang berada di titik penaatan sudah sesuai dengan dengan kualitas baku mutu yang sudah ditentukan. Baku mutunya sendiri berpedoman pada Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia SK 266/1/KLHK tahun 2020. Pengujian kualitas air laut titik

penaatan dengan radius 30 m menggunakan parameter BOD dan Zn. Tabel baku mutu limbah air laut dapat dilihat pada **Tabel 3.15**.

**Tabel 3.15 Parameter Baku Mutu Air Limbah Yang Dibuang Ke Laut**

| Parameter      | Satuan              | Kadar Max |
|----------------|---------------------|-----------|
| Seng (Zn)      | mg/L                | 0,05      |
| BOD            | mg/L                | 20        |
| Debit Maksimum | m <sup>3</sup> /jam | 50        |

(Sumber : Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia SK 266/1/KLHK tahun 2020)

c. Analisis Dimensi Unit WWTP dengan Kriteria Desain

Analisis dimensi masing-masing unit WWTP Blok II dengan kriteria desain sebagai acuan unit WWTP. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah unit-unit di WWTP Blok II UP Muara Karang sudah sesuai dalam mengelola air limbahnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jika terdapat efisiensi kinerja unit yang belum optimal.

### 3.4.7 Tahap Kerja Akhir

#### 3.4.7.1 Evaluasi Kinerja Unit Berdasarkan Nilai *Removal Efficiency*

Evaluasi *Waste Water Treatment Plant* dilakukan agar memperoleh penilaian pada kinerja dan efektivitas suatu unit pengolahan air limbah. Tujuan dari dilaksanakannya evaluasi adalah agar memastikan fasilitas atau unit pengolahan air limbah sudah beroperasi sesuai dengan standar yang sudah ditetapkan dan sudah memenuhi regulasi yang telah ditetapkan. Pelaksanaan evaluasi di WWTP Blok II akan menggunakan dua metode analisis berbeda yaitu analisis matematis dan analisis deskriptif. Selain metode evaluasi tersebut terdapat evaluasi yang dilakukan yaitu evaluasi kinerja unit yang ditinjau dari parameter Seng (Zn) dan BOD.

Evaluasi kinerja unit di WWTP Blok II dilakukan dengan menggunakan parameter Seng (Zn) dan BOD yang mengacu berdasarkan hasil uji laboratorium yang telah dilakukan. Hasil dari laboratorium akan dihitung nilai *removal efficiency* untuk

mengetahui nilai efisiensi tiap unit pengolahan air limbah. Evaluasi pada dimensi unit pada unit pengolahan air limbah seperti dimensi unit yang didapatkan dari gambar teknik maupun pengukuran langsung pada masing-masing unit pengolahan air limbah kemudian akan dibandingkan dengan kriteria desain serta kesesuaiannya dengan beban pencemar yang dikelolanya.

#### **3.4.7.2 Evaluasi Kualitas Air Laut Titik Penaatan**

Evaluasi kualitas titik penaatan air laut dengan radius 30 m yang sudah tercemar oleh limbah hasil pengolahan di WWTP Blok II dilakukan dengan melakukan sampling air laut dengan Teknik *grab sampling*. Hasil pengambilan sampel air laut kemudian akan dilakukan pengujian dengan menggunakan uji laboratorium yang telah dilakukan dengan menggunakan parameter Zn dan BOD. Hasil dari laboratorium akan dilakukan evaluasi sehingga dapat diketahui kualitas air laut yang berada di *effluent* air limbah hasil pengolahan WWTP Blok II.

#### **3.4.7.3 Arahan Pengelolaan**

Arahan pengelolaan ditentukan dari hasil nilai *removal efficiency* dan evaluasi masing-masing unit yang dilakukan di WWTP Blok II PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang. Arahan pengelolaan ini berguna untuk mengoptimalkan kinerja unit pengolahan air limbah agar dapat lebih baik dan dapat sesuai dengan kapasitasnya. Penentuan arahan pengelolaannya tetap memperhatikan faktor-faktor lainnya seperti biaya, waktu, dan sumber daya yang berada di lokasi penelitian. Arahan pengelolaan yang disarankan terbagi menjadi dua pendekatan yaitu pendekatan teknologi dan pendekatan institusi. Berikut merupakan rancangan arahan pengelolaan yang dilakukan di lokasi penelitian:



a. Pendekatan Teknologi

Pendekatan teknologi sendiri dilakukan dengan memanfaatkan teknologi dan pemahaman yang ada berdasarkan analisis data yang telah dilakukan untuk menentukan arahan pengelolaan misalnya dengan melakukan penambahan maupun perubahan desain pada unit yang kurang efisien ataupun dengan pengaturan dosis zat kimia yang digunakan untuk mengoptimalkan kinerja unit WWTP.

b. Pendekatan Institusi

Pendekatan institusi dilaksanakan agar mempermudah koordinasi antara peneliti dengan instansi perusahaan yang digunakan sebagai lokasi penelitian. Pendekatan ini dilakukan untuk memberikan atau menyampaikan hasil dari penelitian yang telah dilakukan serta arahan pengelolaanya kepada Departemen Lingkungan di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang untuk agar kinerja unit pengolahan air limbah di WWTP Blok II dapat berjalan dengan optimal dan kualitas perairan laut juga akan tetap terjaga dan tidak terdampak akibat adanya pembuangan air limbah olahan.

## **BAB IV**

### **RONA LINGKUNGAN HIDUP**

Rona lingkungan hidup adalah suatu gambaran yang menampilkan kondisi pada suatu daerah lokasi penelitian. Data rona lingkungan hidup didapatkan dari kegiatan lapangan dengan menggunakan metode observasi serta mengumpulkan data sekunder dari instansi terkait. Aspek dari rona lingkungan yaitu lingkungan geofisik-kimia, biotis, dan sosial, segala aspek dari rona lingkungan yang ada akan saling berdampak serta mempengaruhi satu sama lain.

#### **4.1 Geofisik-Kimia**

Komponen geofisik-kimia adalah komponen yang meliputi iklim, bentuklahan, tanah, satuan batuan, dan tata air. Data yang dilampirkan diperoleh dari hasil pengamatan secara langsung dilapangan dan juga data sekunder yang diperoleh melalui instansi terkait.

##### **4.1.1 Iklim**

Iklim memiliki definisi yaitu kondisi rata-rata curah hujan, suhu, tekanan udara, dan angin dalam jangka waktu yang panjang dan umumnya memiliki jangka waktu 30 sampai 100 tahun. Faktor yang mempengaruhi iklim salah satunya adalah curah hujan (Tjasyono, 2004). Air hujan sendiri memiliki pengaruh yang besar dalam unit pengolahan air limbah, mengingat unit pengolahan yang memiliki media yang terbuka sehingga akan mempengaruhi kinerja dari unit pengolahan air limbah atau *Waste Water Treatment Plant* (WWTP). Tingginya curah hujan akan menyebabkan *overflow* pada unit WWTP yang dapat mempengaruhi kualitas air di WWTP. Penentuan iklim yang ada di lokasi penelitian digunakan klasifikasi Schmidt-

Ferguson. Klasifikasi Schmidt-Ferguson menggunakan nilai perbandingan (Q) dengan rata-rata bulan kering (Md) dan rata-rata bulan basah (Mf) selama tahun penelitian (Lakitan, 2002). Iklim yang diteliti yaitu iklim Kota Jakarta Utara dan diteliti dari data curah hujan yang ada. Data curah hujan yang digunakan yakni 10 tahun terakhir yaitu dimulai tahun 2013-2022 yang dapat dilihat pada **Tabel 4.1**.

**Tabel 4.1 Data Curah hujan Bulanan Tahun 2013-2022**

|                  | Bulan    |          |          |          |          |          |        |         |           |         |          |          |
|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|---------|-----------|---------|----------|----------|
|                  | Januari  | Februari | Maret    | April    | Mei      | Juni     | Juli   | Agustus | September | Oktober | November | Desember |
| 2013             | 626,4    | 212      | 173,2    | 131,8    | 276      | 112,2    | 188,3  | 116,8   | 70,1      | 82,8    | 104,4    | 262,1    |
| 2014             | 919      | 686,1    | 296      | 70,4     | 48,7     | 102,4    | 160    | 33,5    | 0         | 6       | 82,7     | 194,6    |
| 2015             | 402      | 876      | 212,9    | 96,7     | 44,4     | 19,7     | 2,5    | 24      | 16        | 0       | 172,9    | 251,3    |
| 2016             | 681,3    | 402,7    | 138,3    | 137,8    | 263,2    | 297,2    | 78,6   | 57,8    | 33,1      | 26,8    | 265,3    | 105,5    |
| 2017             | 382,2    | 270,1    | 327,3    | 194,6    | 47,8     | 23,1     | 24,8   | 34      | 27,5      | 1       | 50,1     | 263,8    |
| 2018             | 338,9    | 507,2    | 253,6    | 111,45   | 257,9    | 157,68   | 88,4   | 110,5   | 30,2      | 62,96   | 33,66    | 27,72    |
| 2019             | 365,5    | 216,9    | 332,1    | 132,5    | 24,7     | 55       | 0      | 0       | 0         | 1       | 80       | 509,3    |
| 2020             | 325,7    | 467,1    | 190,5    | 87,9     | 249,7    | 132,4    | 47,3   | 63,7    | 108,2     | 224,3   | 49,8     | 162,9    |
| 2021             | 112,3    | 155,5    | 47,2     | 57,2     | 22       | 31,5     | 56     | 73,5    | 61,7      | 58,10   | 59,3     | 44       |
| 2022             | 189,8    | 287,3    | 160,6    | 86,9     | 109,23   | 77,4     | 60     | 80,9    | 102,7     | 47,40   | 49,8     | 59       |
| <b>Total</b>     | 4.343,10 | 4.080,90 | 2.131,70 | 1.107,25 | 1.343,63 | 1.008,58 | 705,90 | 594,70  | 449,50    | 510,36  | 947,96   | 1.880,22 |
| <b>Rata-rata</b> | 434,31   | 408,09   | 213,17   | 110,73   | 134,36   | 100,86   | 70,59  | 59,47   | 44,95     | 51,04   | 94,80    | 188,02   |

(Sumber : Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Priok)

**Tabel 4.2 Klasifikasi Schmidt dan Ferguson (1951)**

| Keterangan |   |
|------------|---|
|            | Bulan Kering (BK) apabila curah hujan < 60 mm/bulan     |
|            | Bulan Lembab (BL) apabila curah hujan 60 - 100 mm/bulan |
|            | Bulan Basah (BB) apabila curah hujan > 100 mm/bulan     |

**Tabel 4.3 Jumlah dan Rerata Bulan Kering, Bulan Lembab dan Bulan Basah**

| Bulan | mm/bulan | Curah Hujan (mm) |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Jumlah | Rerata |
|-------|----------|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|--------|
|       |          | 2013             | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |        |        |
| BK    | 60       | 2                | 0    | 4    | 6    | 3    | 7    | 3    | 5    | 2    | 4    | 42     | 4,2    |
| BL    | 60-100   | 2                | 2    | 2    | 1    | 1    | 0    | 2    | 1    | 2    | 3    | 16     | 1,6    |
| BB    | 100      | 8                | 10   | 6    | 5    | 8    | 5    | 7    | 6    | 8    | 5    | 62     | 6,2    |

Menurut Schmidt dan Ferguson (1951) nilai Q merupakan perbandingan antara rerata bulan kering dengan bulan basah, sehingga:

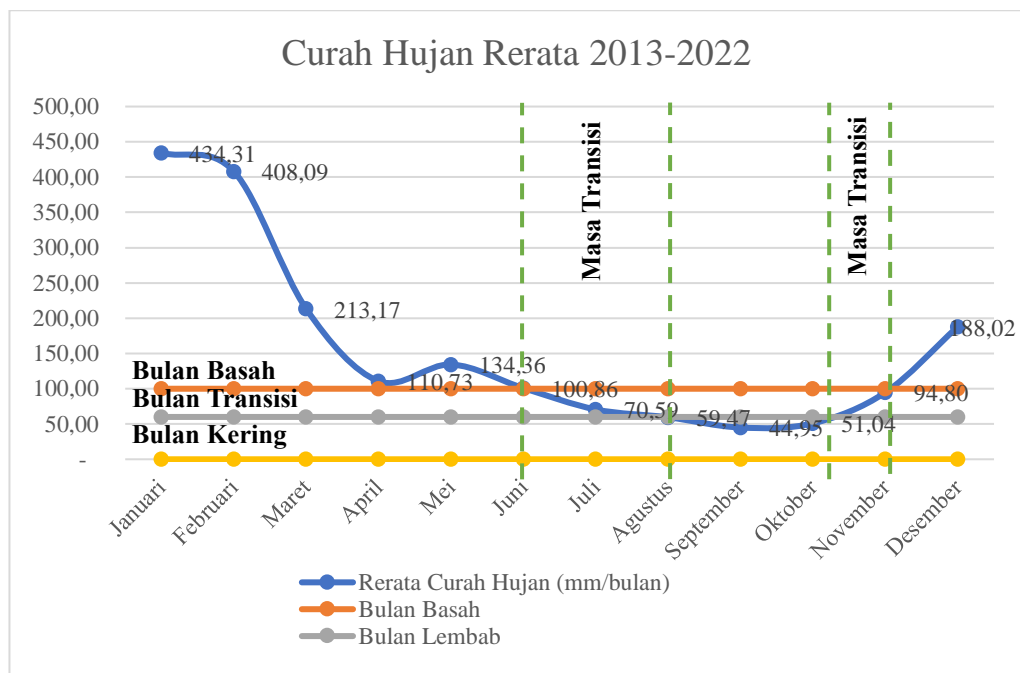
$$Q = \frac{\text{Rerata Bulan Kering}}{\text{Rerata Bulan Basah}} = \frac{4,2}{6,2} = 0,677$$

Hasil perhitungan dari nilai Q kemudian akan diklasifikasikan dengan tabel tipe iklim menurut Schmidt dan Ferguson (1951) yang disajikan pada **Tabel 4.4**. Nilai

Q di lokasi penelitian bernilai 0,677 sehingga termasuk ke dalam iklim sedang dengan rentang nilai 0,600-1,000.

**Tabel 4.4 Tipe Iklim Berdasarkan Schmidt dan Ferguson (1951)**

| Tipe Iklim | Nilai Q     | Keterangan    |
|------------|-------------|---------------|
| A          | < 0,143     | Sangat Basah  |
| B          | 0,143-0,333 | Basah         |
| C          | 0,333-0,600 | Agak Basah    |
| D          | 0,600-1,000 | Sedang        |
| E          | 1,000-1,670 | Agak Kering   |
| F          | 1,670-3,000 | Kering        |
| G          | 3,000-7,000 | Sangat Kering |
| H          | > 7,000     | Ekstrim       |



**Gambar 4.1 Grafik Rerata Curah Hujan Tahun 2013-2022**

(Sumber : Analisis Penulis Tahun 2023)

**Gambar 4.1** merupakan gambar grafik nilai rerata curah hujan yang berada di lokasi penelitian yaitu Kota Jakarta Utara. Pada grafik dapat diketahui bahwa pada bulan januari memiliki rerata nilai curah hujan yang paling tinggi dibandingkan dengan bulan-bulan lainnya yaitu senilai 434,31 mm/bulan. Sedangkan pada rerata curah hujan terendah berada pada bulan Oktober dengan nilai rerata curah hujan 44,95 mm/bulan. Grafik juga dapat dilihat bahwa Kota Jakarta Utara memiliki tipe iklim

sedang karena memiliki 4 bulan kering dan 6 bulan basah di mana angka tersebut hampir mendekati seimbang.

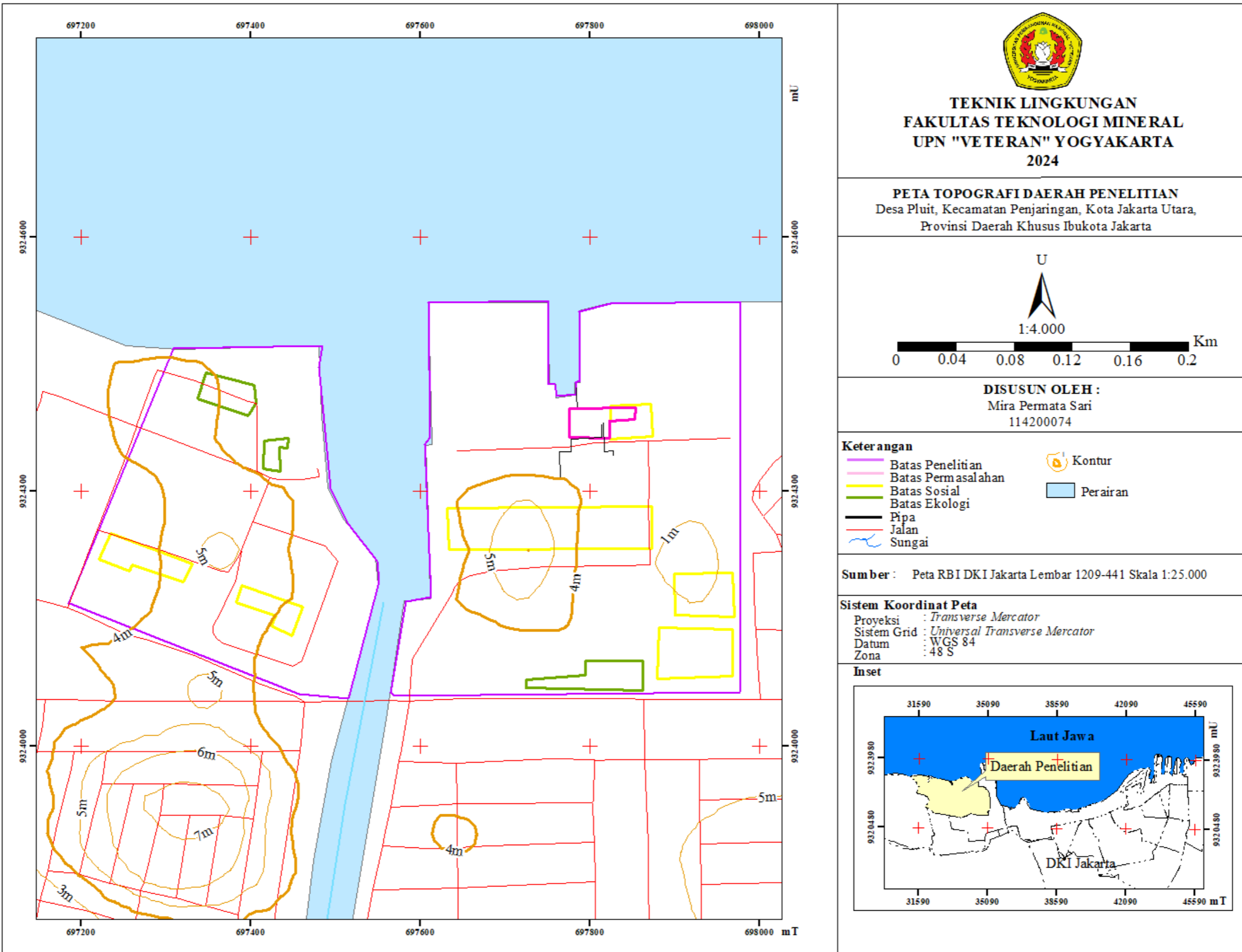
Curah hujan dapat mempengaruhi kualitas dari air limbah karena air hujan dapat bercampur dengan air limbah dan akan mengakibatkan penurunan konsentrasi polutan dalam air limbah. Selain itu, air hujan juga dapat membawa polutan dari permukaan tanah seperti minyak, logam berat atau nutrisi ke dalam air limbah. Hal ini yang dapat memperburuk kualitas air limbah dan menambah konsentrasi polutan yang harus diolah di WWTP.

#### **4.1.2 Bentuklahan**

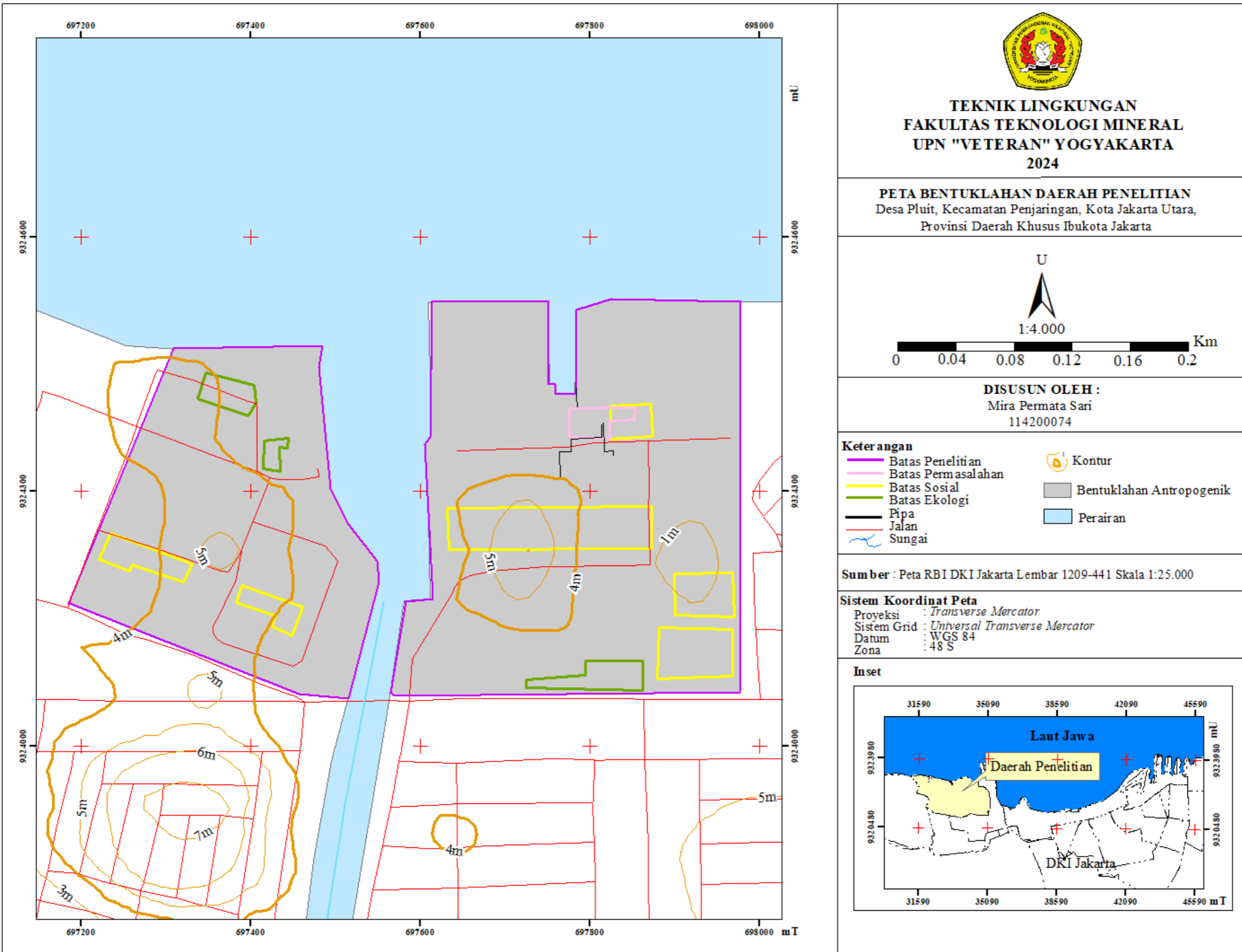
Bentuklahan adalah susunan permukaan bumi yang memiliki karakteristik khusus yang terbentuk sebagai akibat dari interaksi antara kekuatan struktur kulit bumi dan proses alam yang bekerja pada batuan dalam jangka waktu tertentu. Bentuklahan juga merupakan hasil dari erosi permukaan bumi. Bentuklahan di lokasi penelitian yaitu PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang yang berada di Kelurahan Pluit, Kecamatan Penjaringan, Kota Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta berdasarkan hasil pengamatan langsung dan studi literatur bentuklahan yaitu bentuklahan dataran aluvial yang merupakan endapan yang dihasilkan oleh aktivitas air (Dahlia dkk., 2018) seperti sungai atau aliran air namun setelah adanya kegiatan industri dan pemukiman masyarakat bentuklahannya termasuk ke dalam bentuk lahan antropogenik, di mana menurut Opa (2011) dan Andini (2012) bentuklahan antropogenik adalah bentuklahan yang terbentuk akibat aktivitas manusia seperti di perkotaan, pertambangan, waduk, dan pelabuhan. Kegiatan manusia dapat membentuk bentuk lahan dari wilayah tersebut akibat dari kegiatan industri ataupun pembangunan. Bentuklahan antropogenik dapat dilihat pada **Gambar 4.2**.



**Gambar 4.2 Bentuklahan Antropogenik**  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)



Peta 4.1 Peta Topografi Daerah Penelitian  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)



Peta 4.2 Peta Bentuklahan Daerah Penelitian  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

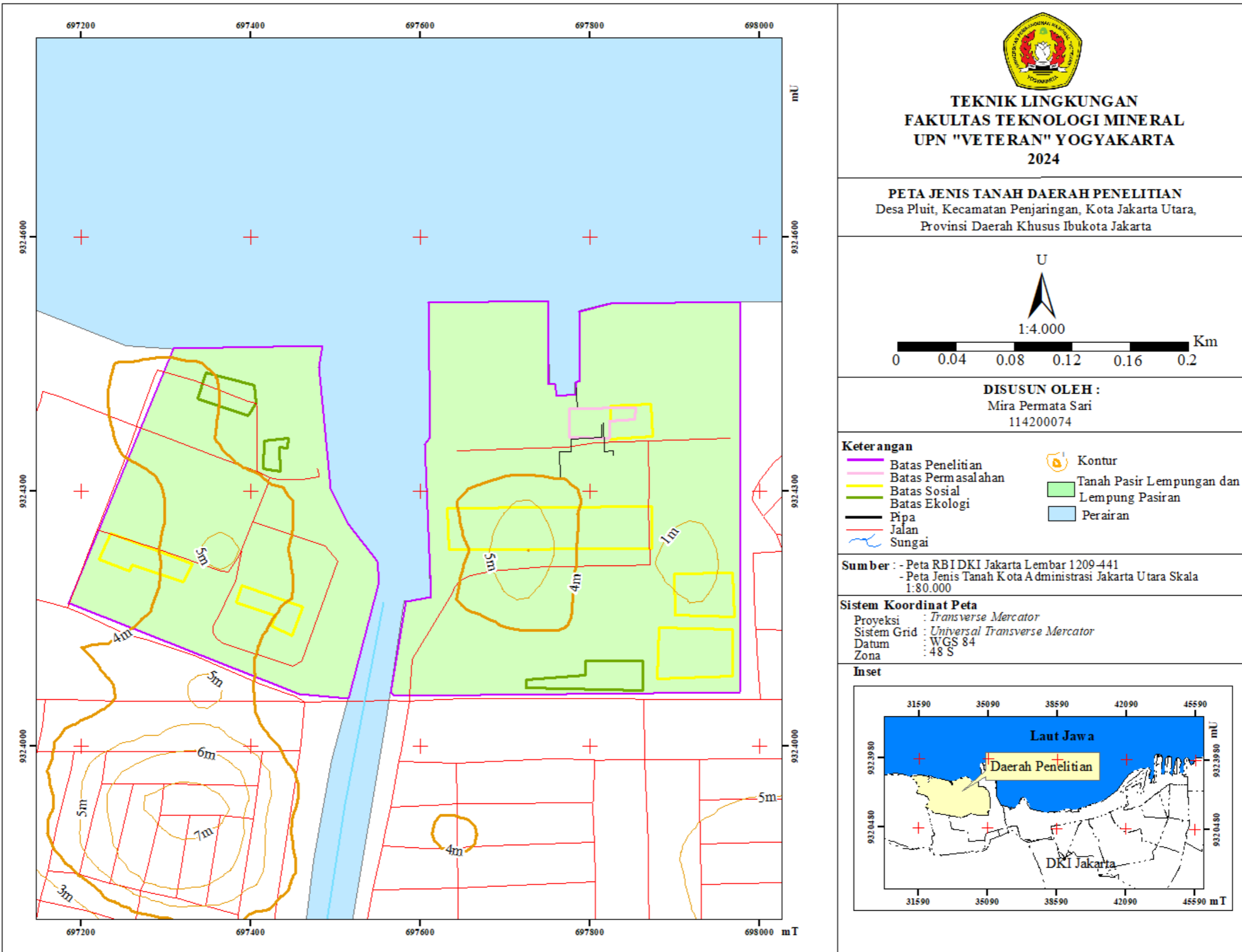


### 4.1.3 Tanah

Tanah merupakan hasil dari proses pelapukan batuan yang dapat terjadi secara fisik maupun kimia. Tanah yang berada di lokasi penelitian yaitu Kota Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta menurut Peta Geologi Teknik DKI Jakarta memiliki jenis tanah pasir lempungan dan lempung pasiran yang merupakan hasil dari endapan aluvial. Tanah jenis pasir lempung dan lempung pasiran ini merupakan campuran tanah liat atau lempung tanah dengan tanah berpasir dan memiliki kandungan pasir lebih tinggi sehingga teksturnya akan lebih kasar. Tanah jenis ini sangat mudah dalam meloloskan air dengan cepat. Kandungan tanah ini yaitu memiliki sifat sedikit basa dan mengandung bahan organik. Pada lokasi penelitian ditemukan kenampakan horizon dari tanah pasir lempung dapat dilihat pada **Gambar 4.3**



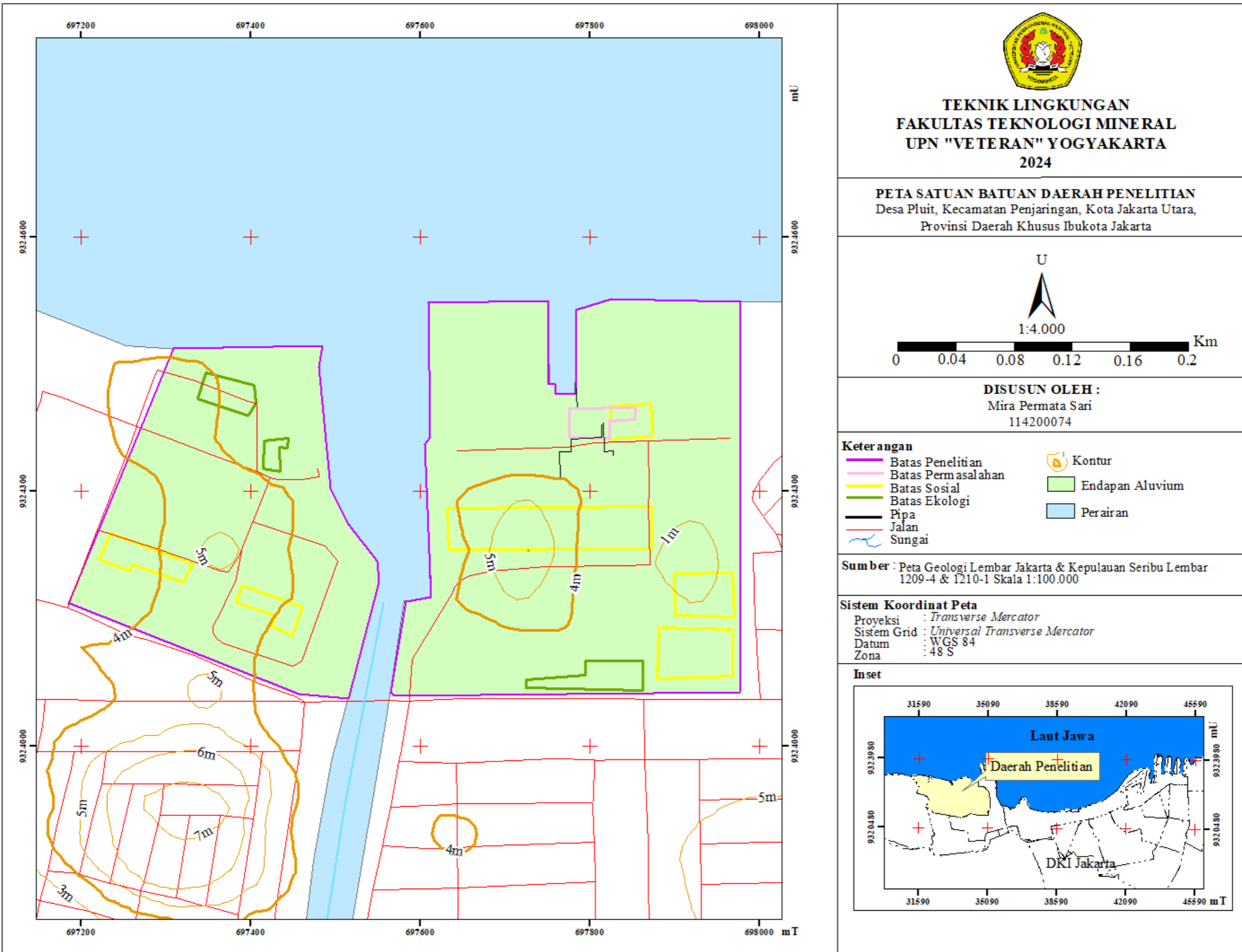
**Gambar 4.3 Tanah Pasir Lempungan dan Lempung Pasiran Pada LP5**  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)



**Peta 4.3 Peta Jenis Tanah Penelitian**  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

#### 4.1.4 Batuan

Batuan dapat menentukan bagaimana kondisi bentuklahan dan jenis tanah pada suatu lokasi (Siswanto, 2006). Lokasi penelitian yang terletak di Kota Jakarta Utara yang tersusun dari Kipas Aluvium, Endapan Pematang Pantai, dan Aluvium. Berdasarkan data analisis penampang titik bor dengan kedalaman 20 meter yang dilakukan oleh Binal (2019) Batuan yang berada di lokasi penelitian terdiri dari sand (pasir), *sandy silt* (pasir lanauan), *clay* (lempung), *sandy clay* (lempung pasir), *silty clay* (lempung lanauan), *silt* (lanau), dan *sany silt* (lanau pasir) akan tetapi di lokasi penelitian di PT. Nusantara Power UP Muara Karang tidak ditemukan singkapan batumannya, sehingga tidak dapat dilihat secara langsung tentang batuan yang ada di lokasi penelitian.



Peta 4.4 Peta Jenis Batuan Penelitian  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

#### 4.1.5 Tata Air

PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang memiliki tata air dengan menggunakan sistem perpipaan untuk mengalirkan air baik air produksi ataupun air bersih ke seluruh area yang terdapat kegiatan industri. Air bersih diperoleh dari air PAM atau air *recycle*. Air PAM digunakan sebagai pasokan air bersih di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang yakni salah satunya dalam kebutuhan domestik dan fasilitas sanitasi. Air *recycle* adalah air daur ulang dari limbah PLTGU yang telah diolah dari air limbah industri sehingga dapat digunakan kembali untuk fasilitas toilet. Air laut digunakan dalam proses produksi yang diolah menjadi air tawar dan sesuai dengan standar air produksi. Air limbah dari seluruh hasil kegiatan industri akan dialirkan menuju WWTP yang berada di area industri. Air limbah domestik akan masuk ke dalam STP terlebih dahulu dan pada akhirnya akan masuk ke dalam WWTP untuk diolah menjadi air yang sesuai dengan baku mutu yang mengacu dengan yang telah ditentukan. Air yang sudah selesai dalam pengolahan akan dilakukan pemantauan kualitas airnya di unit *Effluent* jika sudah sesuai baku mutu maka akan langsung dibuang ke laut Teluk Jakarta. Unit WWTP dan Laut Teluk Jakarta dapat dilihat pada **Gambar 4.4** dan **Gambar 4.5**



**Gambar 4.4 WWTP**  
(Sumber: Dokumentasi Lapangan Tahun 2023)



**Gambar 4.5 Laut Teluk Jakarta**  
(Sumber: Dokumentasi Lapangan Tahun 2023)

### 4.3 Biotis

Berdasarkan hasil pengamatan pada lokasi penelitian, di temukan flora yang cukup beragam. Flora yang ditemukan di lokasi penelitian merupakan hasil vegetasi yang sengaja ditanam pohon jeruk dan mangga dapat dilihat pada **Gambar 4.6** dan **Gambar 4.7**. Berikut **Tabel 4.5** tentang flora yang terdapat di daerah penelitian.

**Tabel 4.5 Jenis Flora Daerah Penelitian**

| No. | Nama Lokal   | Nama Latin                   | Penggunaan Lahan |
|-----|--------------|------------------------------|------------------|
| 1.  | Pohon Ashoka | <i>Polyalthia longifolia</i> | Area Industri    |
| 2.  | Pohon Mangga | <i>Mangifera Indica</i>      | Area Industri    |
| 3.  | Anggur       | <i>Vitis Vinivera</i>        | Area Industri    |
| 4.  | Sawo         | <i>Diospyros Lotus</i>       | Area Industri    |
| 5.  | Jeruk        | <i>Citrus</i>                | Area Industri    |

(Analisis Penulis Tahun 2023)



**Gambar 4.6 Mangifera Indica (Mangga) Pada LP1**  
(Sumber: Dokumentasi Lapangan Tahun 2023)



**Gambar 4.7 Citrus (Jeruk) Pada LP2**  
(Sumber: Dokumentasi Lapangan Tahun 2023)

Fauna sendiri merupakan hewan yang hidup atau tinggal di suatu wilayah tertentu. Pada lokasi penelitian yang merupakan lahan atau area industri yang berada di dekat laut sehingga ditemukan fauna yang beraneka ragam jenisnya seperti kucing dapat dilihat pada **Gambar 4.8**. Berikut **Tabel 4.6** tentang fauna yang terdapat di daerah penelitian.

Daerah penelitian yang berdampingan secara langsung dengan laut dan hasil *effluent* pengolahan air limbah yang dialirkan ke laut memiliki potensi mencemari badan air. Tingkat pencemaran air laut akan mempengaruhi kualitas air laut. Kualitas air laut yang menurun akan memberikan dampak negatif pada ekosistem laut.

**Tabel 4.6 Jenis Fauna Daerah Penelitian**

| No | Nama Lokal     | Nama Latin                  | Penggunaan Lahan |
|----|----------------|-----------------------------|------------------|
| 1. | Kucing         | <i>Felis silvestris</i>     | Area Industri    |
| 2. | Burung Pelikan | <i>Bronchococela jubata</i> | Area Industri    |
| 3. | Kerang Hijau   | <i>Perna viridis</i>        | Area Industri    |
| 4. | Ubur Ubur      | <i>Scyphozoa</i>            | Area Industri    |

(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)



**Gambar 4.8 Kucing (*Felis silvestris*)**  
(Sumber: Dokumentasi Lapangan Tahun 2023)

## 4.2 Sosial

Komponen sosial adalah komponen mengenai keberlangsungan interaksi antar manusia yang berada di lokasi penelitian. Salah satu yang merupakan komponen sosial yaitu interaksi antara karyawan-karyawan sehingga berada di dalam area penelitian.



Area sosial tersebut berada di *office*, kantin, klinik kesehatan, masjid, PLTGU Blok I, PLTGU Blok II, dan PLTGU-PLTU.

#### **4.3.1 Sosial Ekonomi**

Lokasi yang digunakan sebagai tempat penelitian merupakan perusahaan yang bergerak industri pembangkit listrik yang berada di wilayah Kelurahan Pluit, Kota Jakarta Utara. Daerah penelitian yang merupakan area perkantoran yang diketahui pada tahun 2020 terdapat 3.123 karyawan dengan berbagai divisi serta pekerjaan yang berperan penting dalam operasional dan pemeliharaan pembangkit listrik. Divisi yang berada di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang terdiri dari divisi operasi, divisi pemeliharaan, divisi lingkungan, kesehatan, dan keselamatan kerja, divisi pengelolaan air dan limbah, divisi sumber daya manusia, dan divisi keuangan. Berbagai divisi dan pekerjaan di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang bekerja sama untuk memastikan operasional yang efisien, aman, dan sesuai dengan standar lingkungan.

#### **4.3.2 Sosial Budaya**

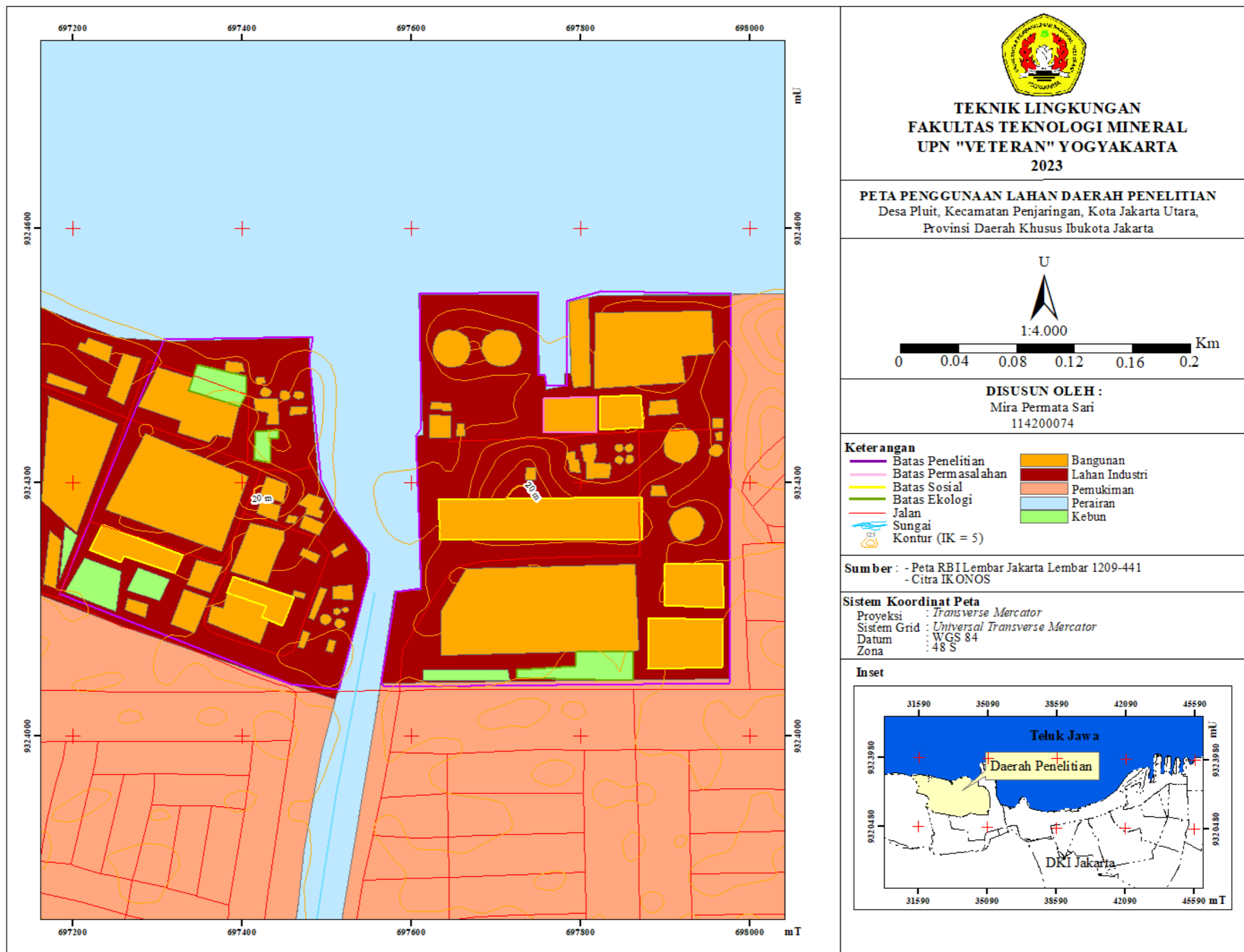
Sosial budaya merupakan pada perilaku individu yang dilakukan secara turun temurun. Kegiatan sosial budaya yang ditemukan di lokasi penelitian yakni karyawan kantor di PT. PLN Nusantara Power melakukan kegiatan upacara pada hari-hari besar dan mengadakan kegiatan perlombaan olahraga pada tanggal 17 Agustus untuk memperingati hari kemerdekaan. Selain itu latar belakang para karyawan di PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang bervariasi mencakup berbagai jenjang dan bidang studi yang sesuai dengan kebutuhan operasional dan manajemen pembangkit listrik. Salah satunya yaitu S1 Teknik dan Teknologi, S1 Manajemen dan Administrasi serta S1 Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi.

### **4.3.3 Kesehatan Masyarakat**

Permasalahan Kesehatan yang terjadi dan berdampak langsung ke masyarakat di area pembangkit listrik berupa kualitas udara yang menurun dan kebisingan yang diakibatkan oleh adanya kegiatan produksi. Proses produksi listrik yang dilakukan oleh PT. PLN Nusantara Power menghasilkan limbah B3 yang berdampak bagi kesehatan manusia serta lingkungan. Sehingga terdapat TPS LB3 yang digunakan sebagai tempat penyimpanan limbah B3 sebelum diserahkan kepada pihak ketiga. Perusahaan juga menyediakan fasilitas-fasilitas perlindungan diri seperti *earplug* yang dapat digunakan untuk mengurangi tingkat kebisingan yang masuk ke telinga. Selain itu terdapat fasilitas dokter perusahaan dan ruang kesehatan.

### **4.3.4 Penggunaan Lahan**

Penggunaan lahan yang terdapat di lokasi penelitian didominasi oleh gedung atau bangunan yang merupakan *office*, unit PLTU, unit PLTGU, kantin, WWTP, dan mushola. selain itu, terdapat kebun campur yang berada di sekitaran perusahaan.



**Peta 4.5 Peta Penggunaan Lahan**  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2023)

## **BAB V**

### **EVALUASI HASIL PENELITIAN**

Data yang sudah didapat dari hasil penelitian dan pengujian di laboratorium selanjutnya digunakan untuk melakukan evaluasi dan penentuan arahan pengelolaan. Terdapat dua macam evaluasi yang dilakukan yaitu, evaluasi nilai *removal efficiency* pada masing-masing unit WWTP dan evaluasi dimensi unit WWTP Blok II UP Muara Karang. Evaluasi nilai *Removal Efficiency* menggunakan parameter Zn dan BOD yang diuji pada masing-masing unit WWTP Blok II UP Muara Karang. Evaluasi dimensi unit WWTP Blok II UP Muara Karang berdasarkan dengan kriteria desain. Hasil evaluasi yang telah dilakukan digunakan sebagai dasar arahan pengelolaan.

#### **5.1 Nilai *Removal Efficiency* Kinerja Unit di WWTP Blok II UP Muara Karang**

Nilai *removal efficiency* kinerja unit di WWTP Blok II UP Muara Karang dapat diketahui dengan melakukan pengujian di laboratorium WWTP. Pengujian nilai *removal efficiency* di WWTP Blok II UP Muara Karang dilakukan berdasarkan parameter Zn dan BOD pada masing-masing unitnya. Hal ini dikarenakan dalam pengolahan di WWTP Blok II kadar parameter Zn dan BOD masih melebihi baku mutu yang sudah ditetapkan pada pengujian di unit *effluent*. Fluktuatifnya nilai kualitas air limbah pada unit *effluent* di WWTP Blok II terjadi pada bulan Oktober 2023 dengan range pada pengujian Zn sebesar 0,9-1,3 mg/L dan pada pengujian BOD sebesar 38-89 mg/L. Berdasarkan hal tersebut dilakukan pengujian kualitas air limbah pada masing-masing unit di WWTP Blok II, data hasil pengujian di laboratorium akan dihitung besarnya nilai *removal efficiency* pengolahan Zn dan BOD pada masing-masing unit.

Perhitungan nilai *removal efficiency* dapat dilihat pada LAMPIRAN IV halaman 123 nilai *removal efficiency* parameter Zn dan BOD masing-masing unit WWTP Blok II UP Muara Karang dapat dilihat pada Tabel 5.1 dan Tabel 5.2.

**Tabel 5.1 Nilai *Removal Efficiency* Parameter Zn**

| Unit WWTP               | Uji Kualitas Air Limbah di WWTP Blok II (mg/L) |       | Parameter Nilai <i>Removal Efficiency</i> (%) |
|-------------------------|--|-------|---|
|                         | In   | Out   | Zn  |
| WWSP                    | 0,283  | 0,267 | 6%  |
| <i>Oxidation Pit</i>    | 0,267  | 0,167 | 38%   |
| Koagulasi - Flokulasi   | 0,167  | 0,193 | -16%  |
| <i>Clarifier</i>        | 0,193  | 0,140 | 28%   |
| <i>Neutralizing Pit</i> | 0,140  | 0,133 | 5%  |
| <i>Clear pit</i>        | 0,133  | 0,130 | 3%  |
| <i>Sand filter</i>      | 0,130  | 0,127 | 3%  |
| <i>Effluent</i>         | 0,127  |       |   |


(Sumber : Hasil Olah Data Penulis Tahun 2024)

**Tabel 5.2 Nilai *Removal Efficiency* Parameter BOD**

| Unit WWTP               | Uji Kualitas Air Limbah di WWTP Blok II (mg/L) |        | Parameter Nilai <i>Removal Efficiency</i> (%) |
|-------------------------|--|--------|---|
|                         | In   | Out    | BOD   |
| WWSP                    | 71,333   | 49,333 | 31%   |
| <i>Oxidation Pit</i>    | 49,333   | 70,667 | -43%  |
| Koagulasi - Flokulasi   | 70,667   | 61,667 | 13%   |
| <i>Clarifier</i>        | 61,667   | 41,667 | 32%   |
| <i>Neutralizing Pit</i> | 41,667   | 30,667 | 26%   |
| <i>Clear pit</i>        | 30,667   | 21,667 | 29%   |
| <i>Sand filter</i>      | 21,667   | 18,333 | 15%   |
| <i>Effluent</i>         | 18,333   |        |   |

(Sumber : Hasil Olah Data Penulis Tahun 2024)

Keterangan :

 : Pengolahan belum efisien karena nilai *Removal Efficiency* < 0

Berdasarkan hasil perhitungan nilai *removal efficiency* pada masing-masing unit WWTP Blok II dilihat dari parameter Zn dan BOD yaitu :

a. *Waste Water Storage Pond* (WWSP)

Bak *Waste Water Storage Pond* ditambahkan aerator yang berfungsi sebagai aerasi difusi untuk mengoksidasi logam-logam yang terlarut dalam air limbah. Limbah tersebut akan dioksidasi menjadi oksida yang tidak larut sehingga dapat diendapkan

pada proses selanjutnya. Menurut Fair (1968) proses aerasi yang merupakan penyisihan methana, karbon dioksida, dan hidrogen sulfida, bau, dan rasa.

Hasil perhitungan nilai *removal efficiency* kinerja unit WWTP Blok II **Tabel 5.1 dan Tabel 5.2** menunjukkan bahwa *Waste Water Storage Pond* memiliki nilai *removal efficiency* sebesar 6% pada penurunan parameter Zn dan 31% pada penurunan parameter BOD. Penurunan konsentrasi parameter Zn dan BOD dapat disebabkan oleh bak unit *Waste Water Storage Pond* (WWSP) yang memiliki sistem aerasi di dalam bak penyimpanannya, proses ini dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut yang terdapat di dalam air limbah. Oksigen tambahan inilah yang dapat membantu dalam proses oksidasi senyawa organik yang mengandung BOD sehingga dapat menurunkan konsentrasi di dalam air limbah. Proses sedimentasi dalam bak WWSP juga terjadi dimana partikel-partikel padat dalam air limbah akan mengendap ke dasar kolam atau bak sehingga konsentrasi Zn yang terlarut di dalam air limbah juga akan mengalami penurunan akibat adanya proses pengendapan terutama jika Zn terikat pada partikel padatan. Selain itu, waktu detensi yang berlangsung lebih lama akan meningkatkan efisiensi penurunan kadar Zn dan BOD yang terlarut di dalam air dan lebih lama dalam proses pengendapan padatan tersuspensi.

b. *Oxidation Pit (pH Control Tank)*

Unit *oxidation pit* angka pH yang diatur pada posisi 6,5-8,5 atau angka optimumnya pada nilai pH 7. Tetapi dalam pengoperasiannya *pH control* yang terdapat pada unit *oxidation pit* sudah tidak dapat berfungsi sehingga pengaturan pH sudah dilakukan pada unit WWSP sebelum dialirkan menuju *oxidation pit*. Pada bak ini juga dilakukan proses aerasi dengan *mechanical aeration system* yang di mana air dipecah oleh *blade/mixer* yang kemudian air akan terlempar menuju udara dalam jumlah yang kecil sehingga dapat berkontak dengan udara dan mengambil oksigen. Sistem aerasi

ini dilakukan untuk menyediakan oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme aerobik yang terlibat dalam proses oksidasi biologis.

Hasil perhitungan nilai *removal efficiency* kinerja unit *oxidation pit* pada **Tabel 5.1 dan Tabel 5.2** menunjukkan bahwa unit ini memiliki nilai *removal efficiency* sebesar 38% pada penurunan parameter Zn. Terjadinya oksidasi Zn akibat proses aerasi dalam bak *oxidation pit* di mana proses oksidasi yang terjadi ini dapat mengubah senyawa Zn yang terlarut bersama dengan air limbah akan menjadi bentuk yang padatan. Menurut Anderson dan Christensen (1988) perubahan pH pada air limbah juga dapat meningkatkan kelarutan pada parameter Zn yang sebelumnya mengendap seperti peningkatan pH bisa menyebabkan Zn terikat dalam bentuk hidroksida kembali larut sebagai ion seng bebas. Parameter BOD mengalami kenaikan yang ditandai dengan menurunnya efisiensi pengolahan (Nilai *Removal Efficiency* < 0%) yaitu sebesar -43%. Kenaikan konsentrasi BOD dapat disebabkan oleh gangguan atau kerusakan pada peralatan proses oksidasi pada pit atau *mixer* pada unit *oxidation pit* yang akan mengurangi efisiensi oksidasi bahan organik dan meningkatkan konsentrasi BOD. Selain itu, suhu juga mempengaruhi kelarutan pada parameter Zn dan BOD. Suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan reaksi kimia yang mengembalikan Zn ke dalam larutan dan meningkatkan aktivitas mikroba yang meningkatkan kadar konsentrasi BOD. Efisiensi proses pengolahan ditentukan oleh jumlah bakteri dalam mendegradasi polutan (Said dan Hartaja, 2015).

### c. Koagulasi-Flokulasi

Unit koagulasi-flokulasi merupakan unit lanjutan dari *oxidation pit* yang berfungsi untuk menggumpalkan kotoran padatan yang tersuspensi di dalam air limbah dalam tangki koagulasi dibubuhkan bahan kimia *Poly Aluminium Chloride* (PAC) dengan pengenceran 3-4 kali. Pembubuhan dilakukan secara manual dengan dosis 10.000 ppm

dengan mengatur bukaan *valve*. Sebagai bahan koagulan dengan pengadukan cepat PAC adalah koagulan dari garam aluminium klorida yang sering diaplikasikan dalam pengolahan air limbah. PAC memiliki kelebihan tingkat adsorpsi kuat, dosis kecil dapat membentuk flok-flok tinggi, dan mempunyai kekuatan lekat dengan sedimentasi yang cepat (Murwanto, 2018). PAC efektif bekerja pada rentang pH 5-8. Pengadukan cepat dalam proses koagulasi dilakukan dengan cara pengadukan hidrolis (terjunan atau pengadukan dalam pipa). Menurut Martin (2001) nilai  $G \times T_d$  adalah nilai energi yang diperlukan untuk proses pencampuran dalam pengolahan air limbah yang syaratkan untuk koagulasi adalah 20.000-30.000. Sedangkan di dalam tangki flokulasi dibubuhkan polimer dengan konsentrasi 1.000 ppm sebagai bahan flokulan dengan pengadukan lambat dengan  $G \times T_d$  yang syaratkan untuk flokulasi adalah 10.000-100.000 (Martin, 2001). Pengadukan pada unit koagulasi-flokulasi menggunakan metode pengadukan mekanis yaitu metode pengadukan dengan menggunakan peralatan mekanis yang terdiri atas motor, poros pengaduk, dan alat pengaduk. Peralatan tersebut menggunakan tenaga penggerak berupa motor dengan tenaga listrik dengan menggunakan tipe pengaduk turbin. *Mixing* dan resuspensi atau aktivitas pengadukan dalam unit pengolahan dapat menyebabkan resuspensi partikel yang mengandung Zn dan bahan organik, sehingga akan meningkatkan kembali kadar konsentrasi Zn dan BOD dalam air limbah.

Hasil perhitungan nilai *removal efficiency* kinerja unit koagulasi-flokulasi pada **Tabel 5.1 dan Tabel 5.2** pada parameter Zn menunjukkan nilai -16% yang menandakan terjadinya kenaikan konsentrasi yang ditandai dengan menurunnya efisiensi pengolahan (nilai *removal efficiency* < 0%). Peningkatan konsentrasi pada parameter Zn dapat disebabkan oleh banyak faktor seperti desain unit dan pengoperasian unit. Salah satunya yaitu waktu kontak antara koagulan dengan air



limbah dalam unit koagulasi-flokulasi, semakin pendek waktu kontakannya maka akan semakin sedikit waktu untuk pembentukan flok dan pengikatan logam Zn atau nilai  $G \times T_d$  yang masih belum sesuai dengan yang disyaratkan. Sedangkan hasil perhitungan nilai *removal efficiency* pada parameter BOD menunjukkan nilai 13%. Terjadinya penurunan konsentrasi BOD dapat disebabkan oleh koagulan yang optimal dalam melakukan penggumpalan bahan organik yang terlarut dan koloid sehingga akan menghilangkan dalam proses pengolahan selanjutnya.

d. *Clarifier*

Hasil perhitungan nilai *removal efficiency* kinerja unit *clarifier* pada **Tabel 5.1 dan Tabel 5.2** pada parameter Zn menunjukkan nilai 28%. Angka tersebut menandakan bahwa unit tersebut telah menurunkan kadar Zn sebesar 28%. Sedangkan nilai *removal efficiency* pada parameter BOD menunjukkan angka sebesar 32%. Angka tersebut menunjukkan bahwa unit *clarifier* mampu menurunkan BOD sebesar 32%. Pengendapan partikel padatan yang berlangsung pada unit *clarifier* di mana selama proses pengendapan partikel-partikel Zn yang telah menggumpal atau terikat akan mengendap ke dasar *clarifier* selain pengendapan Zn juga terjadi pengendapan BOD yang terlarut di dalam air limbah dapat terikat dengan partikel padatan yang mengendap.

e. *Neutralizing Pit*

Hasil perhitungan nilai *removal efficiency* kinerja unit *neutralizing pit* pada **Tabel 5.1 dan Tabel 5.2** pada parameter Zn menunjukkan angka 5%. Angka ini menunjukkan bahwa unit tersebut dapat menurunkan konsentrasi Zn sebesar 5%. Penurunan konsentrasi zinc dapat disebabkan oleh banyak faktor salah satunya adalah penggunaan bahan kimia HCl pada *neutralizing pit* yang di mana dalam kondisi tertentu penambahan HCl dapat memicu pengendapan Zn sebagai senyawa klorida

yang kemudian dapat diendapkan dari larutan. Sedangkan nilai *removal efficiency* pada parameter BOD sebesar 26%, angka ini juga menunjukkan bahwa unit *Neutralizing Pit* dapat menurunkan konsentrasi BOD hingga 26%. Penurunan kadar BOD pada unit ini disebabkan oleh banyak faktor yang mempengaruhinya salah satunya yaitu penggunaan NaOH untuk meningkatkan pH. Penurunan kadar BOD dapat terjadi karena kondisi pH yang lebih tinggi dapat mendukung aktivitas mikroorganisme aerobik yang lebih efisien dan menurut Apema (2023) penurunan kadar zat organik yang didegradasi oleh mikroba akan semakin besar apabila semakin lama waktu tinggalnya.

f. *Clear Pit*

Unit *clear pit* digunakan sebagai bak penampungan dari unit *neutralizing pit* dan sebagai pengecekan nilai pH pada air limbah sebelum air limbah dialirkan ke *sand filter*. Jika pH air limbah masih bersifat terlalu asam atau terlalu basa maka air limbah tersebut akan disirkulasikan kembali menuju *Waste Water Storage Pond* (WWSP). Dalam unit *clear pit* memiliki zona pengendapan di mana partikel padatan yang berat atau terlarut di dalam air limbah akan mengendap ke dasar unit *clear pit* akibat adanya gaya gravitasi. Selanjutnya juga terdapat sistem pengumpulan lumpur atau endapan yang terbentuk didasar unit *clear pit*. Lumpur yang sudah terkumpul akan diangkat keluar dari *clear pit* secara teratur.

Hasil perhitungan nilai *removal efficiency* pada unit *clear pit* pada **Tabel 5.1** menunjukkan nilai 3% pada parameter Zn. Sedangkan nilai *removal efficiency* konsentrasi pada parameter BOD menunjukkan nilai 29%. Dari kedua hasil perhitungan konsentrasi pada parameter Zn dan BOD sama-sama menunjukkan adanya penurunan pada parameter tersebut. Adanya proses pengendapan yang terjadi pada unit *clear pit* di mana partikel-partikel Zn yang berat atau terlarut cenderung

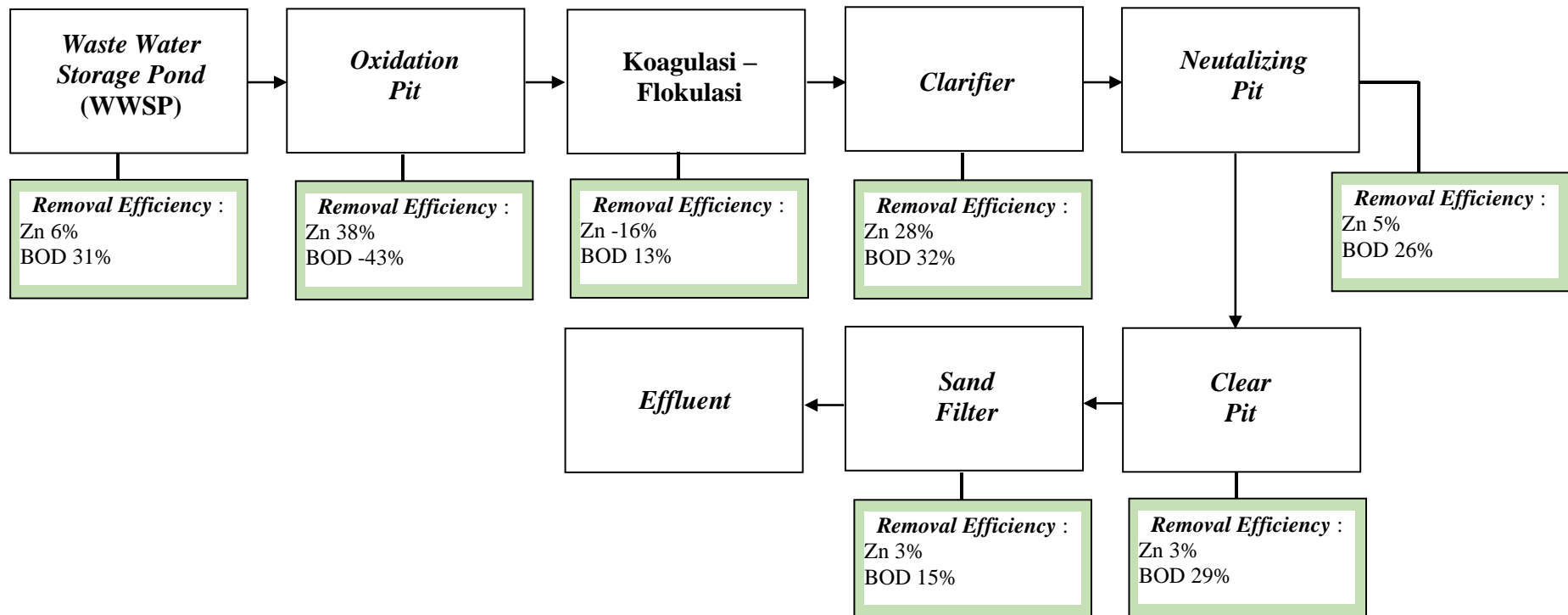
mengendap ke dasar unit *clear pit* yang disebabkan oleh adanya gaya gravitasi. Dalam proses pengendapannya juga akan mempengaruhi konsentrasi BOD di dalam air limbah dengan mengendapkan bahan organik terlarut dan koloid. Dapat disimpulkan bahwa jika waktu detensi yang terjadi pada unit *clear pit* berlangsung lama maka akan semakin banyak konsentrasi polutan yang terdegradasi. Menurut Dayanti dan Herlina (2018) semakin lama waktu detensi maka akan semakin besar pula tingkat efisiensi penyisihan bahan organiknya.

g. *Sand Filter*

Hasil perhitungan nilai *removal efficiency* kinerja unit *sand filter* pada **Tabel 5.1 dan Tabel 5.2** menunjukkan nilai 3% pada parameter Zn. Sedangkan nilai *removal efficiency* pada parameter BOD menunjukkan nilai 15%. Dari kedua hasil perhitungan konsentrasi pada parameter Zn dan BOD sama-sama menunjukkan adanya penurunan pada konsentrasi parameter tersebut. Penurunan konsentrasi Zn dan BOD yaitu ukuran butir pasir yang mana semakin kecil ukuran butir pasir silika maka dapat menyaring bahan organik terlarut dan koloid yang mengandung BOD di dalam air limbah. Proses penyaringan ini yang akan membantu membersihkan air limbah dari zat-zat yang memerlukan oksigen di lingkungan. Adanya penyaringan juga akan menyaring partikel Zn dan akan meningkatkan kualitas air limbah. Selain itu, pembersihan juga salah satu faktor yang meningkatkan nilai *removal efficiency* di mana jika filter dibersihkan teratur akan membuat filter bekerja dengan optimal sehingga dapat menyaring polutan yang terdapat dalam air limbah. *Backwash* dapat membersihkan sisa kotoran dan juga polutan yang mengendap di unit *sand filter* yang dapat membuat kondisi saat proses filtrasi menjadi jenuh (Sari dan Rinawati, 2021).

Konsentrasi pada parameter Zn dan BOD yang tinggi pada air limbah di PLTGU disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya yakni korosi pada peralatan produksi

seperti pada pipa dan tanki yang terbuat dari logam paduan yang mengandung seng terutama pada kondisi pH yang rendah atau adanya ion klorida yang dapat mempercepat korosi pada pipa (Rangkuti dan Harahap, 2017). Bahan kimia yang terdapat pada inhibitor korosi yang digunakan pada sistem pendingin air yang mengandung seng sebagai komponen utamanya, penggunaannya yang tidak tepat atau berlebihan dapat meningkatkan kadar seng di dalam sistem (Siregar dan Panggabean, 2019). Hal lainnya juga akibat pelumas dan minyak yang digunakan dalam peralatan bergerak dan turbin yang mengandung seng serta kebocoran atau tumpahan pelumas yang masuk ke dalam air limbah. Parameter BOD yang tinggi dapat disebabkan oleh residu bahan bakar minyak dan gas yang tidak terbakar sempurna sehingga akan mengandung senyawa organik yang akan berkontribusi pada BOD tinggi. Selain itu, limbah dari proses pembersihan *boiler*, turbin, dan peralatan lainnya yang mengandung bahan organik serta kimia yang meningkatkan kadar konsentrasi BOD. Neraca nilai *removal efficiency* air limbah di WWTP Blok II UP Muara Karang dapat dilihat pada **Gambar 5.1**.



Gambar 5.1 Neraca Nilai *Removal Efficiency* Air Limbah WWTP Blok II UP Muara Karang  
(Analisis Penulis Tahun 2024)

## 5.2 Kualitas Air Laut Akibat Adanya Pembuangan Air Limbah PLTGU Ditinjau Berdasarkan Baku Mutu Izin Pembuangan Air Limbah

Kualitas air limbah hasil pengolahan di unit WWTP Blok II yang akan dibuang kembali ke badan air atau laut akan dilakukan pengujian laboratorium terlebih dahulu jika sudah sesuai dengan baku mutu yang mengacu pada Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia SK 266/1/KLHK tahun 2020 baru dapat dilakukan pembuangan air limbah ke badan air. Kualitas air limbah hasil pengolahan di WWTP Blok II akan dibandingkan dengan kualitas pemantauan air laut. Pengambilan sampel air limbah hasil pengolahan dilakukan pada unit *effluent* dan pengambilan sampel pemantauan air laut dilakukan pada titik pemantauan yang sudah ditentukan oleh KLHK. Pengujian kualitas air limbah hasil pengolahan berfokus pada parameter Zn dan BOD. Data kualitas air limbah hasil pengolahan dapat dilihat pada **Tabel 5.3.**

**Tabel 5.3 Kualitas Air Limbah Hasil Pengolahan**

| No. | Titik Sampling      | Parameter | Satuan | Baku Mutu | Hasil Pengujian |
|-----|---------------------|-----------|--------|-----------|-----------------|
| 1.  | <i>Effluent</i>     | Zinc      | mg/L   | 1         | 0,127           |
|     |                     | BOD       |        | 30        | 18,333          |
| 2.  | Pemantauan air laut | Zinc      | mg/L   | 0,05      | 0,005           |
|     |                     | BOD       |        | 20        | 12              |

(Sumber : Hasil Olah Data Penulis Tahun 2024)

Hasil pengujian dari 2 lokasi titik pengambilan sampel air limbah hasil pengolahan di WWTP Blok II UP Muara Karang yang berbeda di ketahui pada pengambilan sampel air limbah hasil pengolahan di unit *effluent* yang merupakan unit akhir dalam pemroses air limbah di WWTP Blok II. Pada unit *effluent* diketahui hasil pengujian zinc memiliki nilai 0,127 mg/L di mana angka tersebut masih berada dibawah angka baku mutu. Hasil pengujian parameter BOD pada unit *effluent* memiliki nilai sebesar 18,333 mg/L, angka tersebut menunjukkan bahwa hasil

pengujian air limbah hasil pengolahan masih berada dibawah ambang batas baku mutu. Pengujian sampel yang kedua yaitu pada titik pemantauan air laut diketahui bahwa pengujian konsentrasi zinc memiliki nilai sebesar 0,005 mg/L yang menunjukkan masih berada dibawah nilai baku mutu dan hasil pengujian pada konsentrasi BOD memiliki nilai sebesar 12 mg/L yang menunjukkan bahwa nilai konsentrasi BOD di titik pemantauan air laut masih berada dibawah baku mutu. Hal ini menunjukkan bahwa air limbah hasil pengolahan yang sudah melewati berbagai unit pemrosesan merupakan air yang sudah aman dibuang ke badan air dan tidak akan mencemari lingkungan perairan khususnya laut. Terdapat 8 titik pemantauan atau pemantauan air limbah hasil pemrosesan yang dibuang ke laut. Kedelapan titik ini dilakukan pemantauan setiap sebulan sekali dan dalam pemantauannya hasil dari pembuangan limbah hasil proses di WWTP masih berada di bawah baku mutu dan tidak merusak ekosistem laut.

Pembuangan air limbah industri PLTGU ke laut dapat berdampak pada lingkungan seperti, air limbah PLTGU sering mengandung logam berat seperti seng (Zn), Tembaga (Cu), dan Merkuri (Hg) yang dapat mencemari perairan laut. Logam berat ini dapat terakumulasi dalam organisme laut dan menyebabkan bioakumulasi (Kaya dan Yilmaz, 2007). Selain itu, jika mengandung bahan organik dan nutrisi dapat menyebabkan eutrofikasi yang meningkatkan pertumbuhan alga dan mikroorganisme lainnya. Hal ini dapat mengurangi kadar oksigen terlarut di dalam air dan berdampak negatif pada kehidupan akuatik.

## 5.2 Evaluasi Dimensi Eksisting Unit WWTP Blok II Ditinjau Berdasarkan Kriteria Desain

Evaluasi dimensi eksisting unit di WWTP Blok II UP Muara Karang berdasarkan dengan kriteria desain dilakukan agar dapat mengetahui unit WWTP yang memiliki nilai *removal efficiency* yang belum optimal (nilainya <0). Kriteria desain yang digunakan bersumber pada Metcalf dan Eddy (2004) dan SNI 6773-2008 yang digunakan oleh perusahaan sebagai acuan dalam pembangunan unit WWTP. Nantinya kondisi dimensi eksisting unit akan digunakan sebagai acuan arahan pengelolaan dalam pengoptimalan kinerja unit WWTP Blok II UP Muara Karang.

### a. *Waste Water Storage Pond* (WWSP)

Evaluasi unit *Waste Water Storage Pond* **Sub bab 5.2** di dapatkan hasil perhitungan nilai *removal efficiency* pada unit *Waste Water Storage Pond* konsentrasi Zn sebesar 6% dan konsentrasi BOD sebesar 31%, dimana menunjukkan bahwa unit *Waste Water Storage Pond* sudah bekerja dengan optimal dalam menurunkan konsentrasi zinc dan BOD dengan salah satu faktornya adalah waktu detensi di mana semakin lama waktu detensi maka semakin banyak pula padatan tersuspensi yang terendapkan dalam unit tersebut. sehingga dilakukan pengecekan dimensi eksisting unit WWTP Blok II berdasarkan dengan kriteria desain yaitu mengacu pada Metcalf dan Eddy (2004) dan SNI 6773-2008.

Hasil perhitungan beberapa faktor perencanaan pada **LAMPIRAN V** menunjukkan bahwa rasio Lebar : Tinggi pada bak *Waste Water Storage Pond* sebesar 2,65 : 1 dan tidak sesuai dengan kriteria desain, hal ini perlu diperhatikan agar tetap menjaga optimalnya proses pengadukan pada bak. Tetapi sudah teratasi oleh perusahaan dengan meletakkan diffuser dengan jarak tertentu pada masing-masing



diffusernya sehingga proses aerasi dapat berlangsung merata. Waktu tinggal atau waktu detensi pada unit *Waste Water Storage Pond* juga belum sesuai dengan nilai sebesar 77.760 detik sedangkan berdasarkan kriteria desain sebesar 1.800 detik. Waktu detensi yang berlangsung lebih lama ini yang merupakan salah satu faktor dalam meningkatkan efisiensi karena proses aerasi yang berlangsung lebih lama dan padatan tersuspensi yang terendapkan semakin banyak. Selanjutnya terdapat kedalaman minimum bak yang sudah sesuai dengan kriteria desain. Data evaluasi faktor perencanaan unit *Waste Water Storage Pond* dapat dilihat pada **Tabel 5.4**

**Tabel 5.4 Data Evaluasi Faktor Perencanaan Unit WWSP**

| Aerasi Difusi        | Satuan | Nilai    | Kriteria Desain | Keterangan   | Sumber                |
|----------------------|--------|----------|-----------------|--------------|-----------------------|
| Kedalaman Minimum    | m      | 3,75     | 1,5-2           | Sesuai       | Metcalf & Eddy (2004) |
| Rasio Lebar : Tinggi |        | 2,65 : 1 | 1 : 1–2,2 : 1   | Tidak Sesuai | Metcalf & Eddy (2004) |
| Waktu Tinggal        | Detik  | 77.760   | 1.800           | Tidak Sesuai | Metcalf & Eddy (2004) |

(Sumber : Hasil Olah Data Penulis Tahun 2024)

#### b. *Oxidation Pit*

Evaluasi unit *oxidation pit* **Sub bab 5.2** didapatkan hasil perhitungan nilai *removal efficiency* pada unit *oxidation pit* dengan konsentrasi Zn sebesar 38% dan konsentrasi BOD sebesar -43%, dimana menunjukkan bahwa unit *oxidation pit* belum optimal dalam menurunkan konsentrasi BOD karena nilai *removal efficiency* <0. Kenaikan konsentrasi dapat terjadi karena adanya oleh gangguan atau kerusakan pada peralatan proses oksidasi pada pit atau *mixer* pada unit *oxidation pit*. Sehingga dilakukan pengecekan dimensi eksisting unit *oxidation pit* yang dapat dilihat pada **Tabel 5.4**

Berdasarkan hasil perhitungan dimensi eksisting unit pada **LAMPIRAN V** menunjukkan bahwa unit *oxidation pit* memiliki waktu detensi sebesar 1,44 jam dengan luas permukaan sebesar 13,755 m. Unit *oxidation pit* memiliki gradien

kecepatan  $186,037 \text{ s}^{-1}$  dimana nilai tersebut tidak masuk ke dalam pengadukan cepat maupun pengadukan lambat. Gradien kecepatan yang tinggi dapat meningkatkan kecepatan dalam proses pengendapan partikel padatan dalam air limbah. tetapi jika waktu tinggal singkat dan kurang dari baku mutu maka partikel tidak memiliki waktu yang cukup untuk mengendap sepenuhnya sehingga nilai penurunan pada konsentrasi BOD tidak berjalan maksimal. Begitu pula sebaliknya gradien kecepatan yang rendah dan waktu tinggal yang lama akan meningkatkan peluang interaksi antara partikel dan proses pengolahan lainnya, seperti reaksi pemisahan atau kimia. Waktu detensi berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan BOD dimana semakin lama kontak antara bahan organik dengan mikroba pada lapisan biofilm sehingga memperbanyak kesempatan mikroba untuk memanfaatkan bahan organik tersebut dan menyisihkan kandungan organik di dalam air limbah (Dayanti dan Herlina, 2018). Data evaluasi dimensi eksisting unit *oxidation pit* dapat dilihat pada **Tabel 5.5**

**Tabel 5.5 Data Evaluasi Faktor Perencanaan Unit *Oxidation Pit***

| Tangki <i>Oxidation Pit</i> | Satuan          | Kriteria Desain | Nilai   | Keterangan   | Sumber                  |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|---------|--------------|-------------------------|
| Gradien Kecepatan           | $\text{s}^{-1}$ |                 | 186,037 |              |                         |
| Waktu Tinggal               | Jam             | 3 - 10          | 1,44    | Tidak Sesuai | Metcalf dan Eddy (1991) |

(Sumber : Hasil Olah Data Penulis Tahun 2024)

### c. Koagulasi-Flokulasi

Evaluasi unit koagulasi-flokulasi **Sub bab 5.2** didapatkan hasil perhitungan nilai *removal efficiency* pada unit koagulasi-flokulasi konsentrasi Zn sebesar -16% dan konsentrasi BOD sebesar 13%, di mana menunjukkan bahwa unit koagulasi-flokulasi belum bekerja dengan optimal dalam menurunkan konsentrasi zinc tetapi pada konsentrasi BOD sudah cukup optimal. Peningkatan konsentrasi pada parameter *zinc* dapat disebabkan oleh banyak faktor seperti desain unit dan pengoperasian unit. Salah satunya yaitu waktu kontak antara koagulan dengan air limbah dalam unit koagulasi-

flokulasi, semakin pendek waktu kontakannya maka akan semakin sedikit waktu untuk pembentukan flok dan pengikatan logam zinc atau nilai  $G \times T_d$  yang masih belum sesuai dengan yang disyaratkan. Nilai *removal efficiency* BOD tersebut menunjukkan bahwa kinerja unit koagulasi-flokulasi pada penurunan konsentrasi BOD bekerja dengan baik. Salah satu faktornya yaitu waktu kontak antara air limbah dengan bahan kimia koagulasi yang dapat meningkatkan efisiensi penggumpalan partikel organik. Sehingga dilakukan pengecekan dimensi eksisting unit WWTP Blok II berdasarkan dengan kriteria desain yaitu mengacu pada Metcalf dan Eddy tahun 2004.

Hasil perhitungan beberapa faktor perencanaan pada **LAMPIRAN V** menunjukkan bahwa gradien kecepatan pada unit koagulasi-flokulasi sama-sama memiliki nilai sebesar  $558,11 \text{ s}^{-1}$  pada unit koagulasi sudah sesuai dengan kriteria desain yang memiliki nilai sebesar  $500\text{--}1500 \text{ s}^{-1}$  sedangkan pada unit flokulasi tidak sesuai dengan kriteria desain yang memiliki nilai sebesar  $5\text{--}100 \text{ s}^{-1}$ . Selanjutnya waktu detensi pada unit koagulasi-flokulasi memiliki nilai masing-masing sebesar 360 detik dan 359 detik yang keduanya masih belum sesuai dengan kriteria desain pada masing-masing unit sebesar 5-30 detik dan 1.800-3.600 detik. Menurut Peavy (1985) nilai  $G$  yang tinggi dengan waktu yang singkat akan menghasilkan flok padat yang kecil sedangkan nilai  $G$  yang rendah dengan waktu yang lama akan menghasilkan flok ringan dan lebih besar. Faktor perencanaan selanjutnya yaitu nilai  $G \times T_d$  pada masing-masing unit memiliki nilai 321.471,36 dan 200.361,5 kedua unit masih belum sesuai dengan kriteria proses pengadukan pada bak. Data evaluasi faktor perencanaan unit koagulasi-flokulasi dapat dilihat pada **Tabel 5.6** dan **Tabel 5.7**

**Tabel 5.6 Data Evaluasi Faktor Perencanaan Unit Koagulasi**

| Tangki Koagulasi  | Satuan          | Kriteria Desain | Nilai  | Keterangan | Sumber                |
|-------------------|-----------------|-----------------|--------|------------|-----------------------|
| Gradien Kecepatan | $\text{s}^{-1}$ | 500 – 1500      | 558,11 | Sesuai     | Metcalf & Eddy (2004) |

| Tangki Koagulasi | Satuan | Kriteria Desain | Nilai      | Keterangan   | Sumber                |
|------------------|--------|-----------------|------------|--------------|-----------------------|
| Waktu Tinggal    | Detik  | 5 – 30          | 360        | Tidak Sesuai | Metcalf & Eddy (2004) |
| G x td           |        | 20.000 – 30.000 | 321.471,36 | Tidak Sesuai | Metcalf & Eddy (2004) |

(Sumber : Hasil Olah Data Penulis Tahun 2024)

**Tabel 5.7 Data Evaluasi Faktor Perencanaan Unit Flokulasi**

| Tangki Fokulasi   | Satuan          | Kriteria Desain                   | Nilai     | Keterangan   | Sumber                |
|-------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------|--------------|-----------------------|
| Gradien Kecepatan | s <sup>-1</sup> | 50 - 100                          | 558,11    | Tidak Sesuai | Metcalf & Eddy (2004) |
| Waktu Tinggal     | Detik           | 1.800 – 3.600                     | 359       | Tidak Sesuai | Metcalf & Eddy (2004) |
| G x td            |                 | 10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup> | 200.361,5 | Tidak Sesuai | Metcalf & Eddy (2004) |

(Sumber : Hasil Olah Data Penulis Tahun 2024)

#### e. Clarifier

Evaluasi unit *clarifier* **Sub bab 5.2** didapatkan hasil perhitungan nilai *removal efficiency* pada unit *clarifier* konsentrasi Zn sebesar 28% dan konsentrasi BOD sebesar 32%, dimana menunjukkan bahwa unit *clarifier* sudah menurunkan konsentrasi Zn dan BOD cukup optimal. Penurunan konsentrasi pada parameter Zn dan BOD dapat disebabkan oleh banyak faktor seperti desain unit dan pengoperasian unit *clarifier* yang sudah sesuai dengan kapasitas unit. Salah satunya yaitu kondisi operasional dari unit *clarifier* dan waktu tinggal yang pada unit *clarifier* dimana jika waktu tinggalnya cukup akan memberikan waktu yang optimal pada proses pengendapannya dan akan memisahkan partikel-partikel dengan air limbah. Sehingga dilakukan pengecekan dimensi eksisting unit WWTP Blok II berdasarkan dengan kriteria desain yaitu mengacu pada Metcalf dan Eddy tahun 2004.

Hasil perhitungan beberapa faktor perencanaan pada **LAMPIRAN V** menunjukkan bahwa kedalaman bak belum sesuai dengan kriteria desain di mana bak *clarifier* memiliki nilai 2,75 m. Faktor perencanaan selanjutnya yaitu *Surface Loading Rate* dengan nilai 9,12 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. hari yang belum memenuhi kriteria desain yaitu sebesar 20-50 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Hari. Menurut Setiyawan dan Hari (2010) *Surface Loading Rate* adalah jumlah beban aktif yang dipindahkan gallon per luas permukaan per hari, hal ini dapat

digunakan untuk membandingkan kondisi aktual desain unit. Nilai *Surface Loading Rate* yang rendah dan sesuai dengan kriteria desain dapat mengakibatkan kapasitas unit tersebut tidak dimanfaatkan sepenuhnya. Selanjutnya bilangan Reynold di mana menurut Shun (2007) dalam proses sedimentasi salah satu proses yang memiliki nilai *removal efficiency* tinggi yaitu 80% yang dipengaruhi oleh bilangan Reynold dan bilangan Froude, diketahui unit *clarifier* memiliki nilai bilangan Reynold sebesar 44,66 yang sesuai dengan kriteria desain yaitu <2000 atau aliran berada dalam kondisi laminar. Faktor perencanaan waktu detensi pada unit *clarifier* memiliki nilai sebesar 25.861 detik yang belum sesuai dengan kriteria desain 5.400-9.000 detik. waktu detensi pada unit ini berlangsung lebih lama sehingga pengolahannya tidak efisien waktu tetapi untuk proses pengendapan tetap berjalan karena waktu detensi berjalan lebih lama sehingga efisiensi pengolahan akan meningkat. Data evaluasi faktor perencanaan unit *clarifier* dapat dilihat pada **Tabel 5.8**.

**Tabel 5.8 Data Evaluasi Faktor Perencanaan Unit Clarifier**

| Tangki Clarifier            | Satuan                                   | Kriteria Desain | Nilai  | Keterangan   | Sumber                |
|-----------------------------|--|-----------------|--------|--------------|-----------------------|
| Kedalaman Bak               | m  | 3-4,9           | 2,75   | Tidak Sesuai | Metcalf & Eddy (2004) |
| <i>Surface Loading Rate</i> | m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .<br>hari | 30-50           | 9,12   | Tidak Sesuai | Metcalf & Eddy (2004) |
| Waktu Tinggal               | Detik                                    | 5.400-9000      | 25.861 | Tidak Sesuai | Metcalf & Eddy (2004) |
| Bilangan Reynold            |  | <2000           | 44,66  | Sesuai       | Metcalf & Eddy (2004) |

(Sumber : Hasil Olah Data Penulis Tahun 2024)

#### f. *Neutralizing Pit*

Evaluasi unit *neutralizing pit* **Sub bab 5.2** didapatkan hasil perhitungan nilai *removal efficiency* pada unit *neutralizing pit* dengan konsentrasi Zn sebesar 5% dan konsentrasi BOD sebesar 26%, di mana menunjukkan bahwa unit *neutralizing pit* telah menurunkan konsentrasi Zn dan BOD cukup optimal. Penurunan konsentrasi pada parameter Zn dan BOD dapat disebabkan oleh banyak faktor. Penurunan kadar BOD pada unit ini disebabkan oleh banyak faktor yang mempengaruhinya yaitu penurunan

kadar BOD dapat terjadi karena kondisi pH yang lebih tinggi dapat mendukung aktivitas mikroorganisme aerobik yang lebih efisien. Selain itu dalam unit *neutralizing pit* telah di tambahkan reaktor biofilter yang menambah fungsi unit *neutralizing pit* untuk menurunkan kadar polutan organik dan bak pengendap lanjutan setelah unit *clarifier*. Unit *neutralizing pit* pada WWTP Blok II UP Muara Karang menggunakan metode mixing. Metode *mixing* sendiri cocok untuk industri yang menghasilkan air limbah yang memiliki pH rendah dan tinggi yang nantinya akan dihomogenkan dengan menggunakan *mixer* (Nomerow, 1987).

Berdasarkan hasil perhitungan dimensi eksisting unit pada **LAMPIRAN V** menunjukkan bahwa unit *neutralizing pit* memiliki waktu detensi sebesar 4.843 s dengan luas permukaan sebesar 13,755 m. unit *neutralizing pit* memiliki ketinggian efektif air yaitu 2 m. Ketinggian air efektif adalah kedalaman air yang dianggap optimal untuk menjalankan proses pengolahan air limbah. Faktor yang mempengaruhi ketinggian air efektif yaitu proses pengadukan atau *mixing* yang terjadi pada unit *neutralizing pit* di mana air limbah dan bahan netralisasi harus mencapai kontak yang optimal sehingga ketinggian air harus mencukupi proses pengadukan yang efektif. Data evaluasi dimensi eksisting unit *neutralizing pit* dapat dilihat pada **Tabel 5.9**

**Tabel 5.9 Data Evaluasi Faktor Perencanaan Unit *Neutralizing Pit***

| Tangki <i>Neutralizing Pit</i> | Satuan | Kriteria Desain | Nilai | Keterangan | Sumber                    |
|--------------------------------|--------|-----------------|-------|------------|---------------------------|
| Waktu Tinggal                  | Detik  |                 | 4.843 |            | Tidak ada kriteria desain |
| Ketinggian Air Efektif         | m      |                 | 2     |            |                           |

(Sumber : Hasil Olah Data Penulis Tahun 2024)

#### g. *Clear Pit*

Evaluasi unit *clear pit* **Sub bab 5.2** didapatkan hasil perhitungan nilai *removal efficiency* dengan konsentrasi Zn sebesar 3% dan konsentrasi BOD sebesar 29%, di mana menunjukkan bahwa unit *clear pit* telah menurunkan konsentrasi Zn dan BOD cukup optimal. Penurunan konsentrasi pada parameter Zn dan BOD dapat disebabkan

oleh adanya pengendapan akibat waktu tinggal. Di mana semakin lama waktu tinggal atau waktu detensi maka polutan dapat mengalami proses pengendapan sehingga terjadi penurunan konsentrasi Zn dan BOD pada unit *clear pit*. Pengecekan dimensi eksisting unit *clear pit* dilakukan dengan menggunakan SNI 6773-2008 sebagai acuan dalam kriteria desainnya.

Berdasarkan hasil perhitungan dimensi eksisting unit pada **LAMPIRAN V** menunjukkan bahwa unit *clear pit* memiliki waktu detensi sebesar 12.557 detik. Waktu detensi yang berlangsung lama menyebabkan terjadinya proses pengendapan pada unit *clear pit*. Unit *clear pit* memiliki kedalaman bak sebesar 2,8 m. Kedalaman bak pada unit *clear pit* dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kapasitas pengolahan air limbah pada unit, di mana semakin besar kapasitas pengolahannya maka unit *clear pit* akan semakin dalam. Data evaluasi dimensi eksisting unit *clear pit* dapat dilihat pada **Tabel 5.10**.

**Tabel 5.10 Data Evaluasi Faktor Perencanaan Unit Clear Pit**

| Tangki Clear Pit | Satuan | Kriteria Desain | Nilai  | Keterangan   | Sumber        |
|------------------|--------|-----------------|--------|--------------|---------------|
| Waktu Tinggal    | Detik  | > 3.600         | 12.557 | Sesuai       | SNI 6773-2008 |
| Kedalaman Bak    | m      | 3 – 6           | 2,8    | Tidak Sesuai |               |

(Sumber : Hasil Olah Data Penulis Tahun 2024)

#### h. Sand Filter

Evaluasi unit *sand filter* **Sub bab 5.2** didapatkan hasil perhitungan nilai *removal efficiency* pada unit *sand filter* konsentrasi Zn sebesar 3% dan konsentrasi BOD sebesar 15%, di mana menunjukkan bahwa unit *sand filter* sudah menurunkan konsentrasi Zn dan BOD cukup optimal. Penurunan konsentrasi pada parameter Zn dan BOD dapat disebabkan oleh banyak faktor seperti ukuran butir pasir yang mana semakin kecil ukuran butir pasir silika maka dapat menyaring partikel yang lebih kecil pula. Selain itu, pembersihan juga salah satu faktor yang meningkatkan nilai *removal*

*efficiency* di mana jika filter dibersihkan teratur akan membuat filter bekerja dengan optimal sehingga dapat menyaring polutan yang terdapat dalam air limbah. Sehingga dilakukan pengecekan dimensi eksisting unit WWTP Blok II berdasarkan dengan kriteria desain yaitu mengacu pada Metcalf dan Eddy tahun 2004.

Hasil perhitungan beberapa faktor perencanaan pada **LAMPIRAN V** menunjukkan bahwa kedalaman medium filter, *efektif size*, dan kecepatan aliran sudah memenuhi kriteria desain yang digunakan sebagai acuan. Kedalam medium filter dengan nilai 1.600 mm dalam menentukan kedalaman medium filter akan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti ukuran partikel yang akan disaring biasanya medium filter yang lebih dalam akan lebih efektif dalam menangkap partikel yang lebih kecil. Selanjutnya *efektif size* yang memiliki nilai 2 mm. *Efektif size* pada unit *sand filter* merupakan ukuran partikel butir pasir silika yang efektif dalam menyaring partikel dari air limbah. *Efektif size* akan mempengaruhi kemampuan filter untuk menangkap partikel yang melewati media filter. Selain itu, kecepatan aliran pada unit *sand filter* sebesar 13,064 l/m<sup>2</sup>.menit semakin tinggi kecepatan aliran maka akan menyebabkan polutan yang terlalu halus dalam air limbah akan mudah lolos. Pergerakan pada butiran media akan menutup lubang pori dan akan mempercepat terjadinya *clogging* (Maryani dll, 2014). Data evaluasi faktor perencanaan unit *sand filter* dapat dilihat pada **Tabel 5.11**.

**Tabel 5.11 Data Evaluasi Faktor Perencanaan Unit Sand Filter**

| Tangki Sand Filter      | Satuan                  | Kriteria Desain | Nilai  | Keterangan   | Sumber                |
|-------------------------|-------------------------|-----------------|--------|--------------|-----------------------|
| Kedalaman medium filter | mm                      | 900-1.800       | 1.600  | sesuai       | Metcalf & Eddy (2004) |
| <i>Efektif size</i>     | mm                      | 2-3             | 2      | sesuai       | Metcalf & Eddy (2004) |
| Kecepatan aliran        | l/m <sup>2</sup> .menit | 80-400          | 13,064 | Tidak sesuai | Metcalf & Eddy (2004) |

(Sumber : Hasil Olah Data Penulis Tahun 2024)



*i. Effluent*

Unit *effluent* atau *reservoir* yang merupakan tangki penyimpanan air yang berlokasi pada instalasi (Qasim dkk., 2000). Air limbah yang sudah melewati berbagai proses pengolahan akan disimpan pada tangki *effluent* yang selanjutnya akan dilakukan pengujian dengan berbagai parameter pada air limbah sebelum air limbah dibuang ke badan air. Air limbah yang dibuang ke badan air harus sudah sesuai dengan baku mutu yang mengacu pada Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal Republik Indonesia SK 266/1/KLHK tahun 2020. Desain dari unit *effluent* atau *reservoir* meliputi proteksi terhadap air yang disimpan, proteksi struktur *reservoir*, dan proteksi pekerja *reservoir*. Sehingga dilakukan pengecekan dimensi eksisting unit WWTP Blok II berdasarkan dengan kriteria desain yaitu mengacu pada SNI 6773-2008.

Hasil perhitungan beberapa faktor perencanaan pada **LAMPIRAN V** menunjukkan bahwa kedalaman bak yang memiliki nilai 1,7 m dan masih berada dibawah nilai kriteria desain sehingga belum sesuai. Kedalaman bak pada unit *effluent* dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kapasitas dari unit *effluent* di mana semakin besar kapasitasnya maka akan semakin dalam baknya selain itu, kebutuhan pengolahan air pada unit *effluent* di mana jika terdapat pengolahan air pada unit *effluent* maka memerlukan ruang tambahan untuk pengadukan atau reaksi kimia, namun pada unit *effluent* di Blok II UP Muara Karang unit *effluent* hanya digunakan sebagai bak penyimpanan air setelah proses pengolahan sebelum dibuang ke badan air. Selanjutnya waktu detensi atau waktu tinggal yang memiliki nilai 12.557 detik dan sudah sesuai dengan kriteria desain yaitu  $>3.600$ . Data evaluasi faktor perencanaan unit *effluent* dapat dilihat pada **Tabel 5.12**.

Tabel 5.12 Data Evaluasi Faktor Perencanaan Unit *Effluent*

| Tangki <i>Effluent</i> | Satuan | Kriteria | Nilai  | Keterangan   | Sumber        |
|------------------------|--------|----------|--------|--------------|---------------|
| Kedalaman Bak          | m      | 3 – 6    | 1,7    | Tidak Sesuai | SNI 6773-2008 |
| Waktu Tinggal          | Detik  | >3600    | 12.557 | Sesuai       | SNI 6773-2008 |

(Sumber : Hasil Olah Data Penulis Tahun 2024)

### 5.3 Arahannya Pengelolaan di WWTP Blok II UP Muara Karang Berdasarkan Nilai *Removal Efficiency*

Hasil analisis nilai *removal efficiency* kinerja unit pada parameter Zn dan BOD di WWTP Blok II UP Muara Karang dan hasil nilai evaluasi dimensi eksisting unit di WWTP Blok II UP Muara Karang digunakan untuk menentukan arahan pengelolaan agar dapat mengoptimalkan kinerja unit dalam penurunan konsentrasi polutan yang terlarut di dalam air limbah. Hasil efluen air limbah di lokasi penelitian sudah sesuai dengan baku mutu untuk dibuang ke lingkungan. Berdasarkan hasil analisis dan evaluasi nilai *removal efficiency* pada unit *oxidation pit* belum optimal dalam penurunan konsentrasi BOD dengan nilai *removal efficiency* sebesar -43% dan unit koagulasi-flokulasi pada penurunan konsentrasi Zn dengan nilai *removal efficiency* sebesar -16%. Sehingga memerlukan optimalisasi pada unit *oxidation pit* dan koagulasi-flokulasi. Adanya arahan pengelolaan optimalisasi dilakukan untuk mengurangi beban yang berlebih dalam mengolah air limbah pada unit pengolahan lanjutan.

Arahan pengelolaan berfokus pada peningkatan efisiensi pada penurunan air limbah dengan berdasarkan parameter Zn dan BOD di WWTP Blok II UP Muara Karang dengan melakukan perancangan ulang atau *redesign* pada unit yang belum optimal. Hal ini dilakukan berdasarkan pada hasil evaluasi dimensi unit WWTP Blok II pada unit *oxidation pit* dan flokulasi yang belum sesuai dengan kriteria desain dan

memiliki nilai *removal efficiency* yang belum optimal. Kriteria desain yang digunakan mengacu pada Metcalf dan Eddy (2004) dan SNI 6773-2008.

Berdasarkan hasil perhitungan evaluasi dimensi eksisting pada unit koagulasi-flokulasi diketahui memiliki nilai gradien kecepatan yang terlalu besar pada unit flokulasi yaitu sebesar  $558,11 \text{ s}^{-1}$ . Nilai gradien kecepatan yang tidak sesuai dan terlalu besar akan mencegah pembentukan flok di mana flok akan pecah kembali dan sulit mengendap (Ebeling, 2004). Menurut Reynaldi dan Radityaningrum (2022) upaya yang dapat dilakukan agar nilai gradien kecepatan teratur yaitu dengan mengatur level aliran atau muka air hingga menghasilkan nilai G yang stabil.

Arahan pengelolaan kedua pada unit *oxidation pit* yang memiliki konsentrasi BOD dengan nilai *removal efficiency* sebesar -43% berdasarkan analisis yang telah dilakukan pada **Sub bab 5.1** dan **Sub bab 5.2** dapat diketahui bahwa unit *oxidation pit* di WWTP Blok II UP Muara Karang tidak berjalan secara maksimal yang disebabkan oleh adanya kerusakan pada *blade/mixer*, *pH control*, tidak dilakukannya pengecekan secara berkala dalam reaktor biofilter yang terpasang di dalam unit *oxidation pit*. Sehingga air limbah hanya dialirkan ke unit *oxidation pit* tanpa adanya pengolahan lanjutan pada unit *oxidation pit*. Air limbah yang hanya disimpan pada unit *oxidation pit* ini dapat mengakibatkan proses penguraian bahan organik di dalam air limbah akan terganggu sehingga terjadi penurunan efisiensi pengolahan. Proses oksidasi yang tidak efektif dan kandungan bahan organik yang terlarut di dalam air limbah akan meningkat hal inilah yang menyebabkan peningkatan pada konsentrasi BOD di dalam air limbah. Selain itu, setelah dilakukan evaluasi dimensi unit waktu detensi aktualnya tidak memenuhi kriteria desain. Waktu detensi yang tidak sesuai dengan kriteria desain yang berpengaruh terhadap efisiensi pengolahan. Sehingga

diperlukan desain ulang terhadap bak *oxidation pit* agar proses yang terjadi pada bak ini dapat berlangsung secara optimal. Upaya rekomendasi redesain nantinya akan meningkatkan waktu detensi pada unit *oxidation pit* sehingga akan memberikan kesempatan mikroba dalam memanfaatkan bahan organik. Upaya lainnya yang dilakukan yaitu melakukan perbaikan pada *blade/mixer* serta *pH control* yang ada pada unit *oxidation pit* serta melakukan pemeliharaan preventif secara teratur untuk *blade/mixer* serta *pH control*.

## BAB VI

### ARAHAN PENGELOLAAN

Analisis yang telah dilakukan pada unit WWTP Blok II UP Muara Karang mengenai nilai *removal efficiency* pada inlet-outlet WWTP air limbah pengolahan yang akan dibuang ke laut dengan berdasarkan parameter Zn dan BOD masih terdapat unit yang belum optimal dalam pengolahannya dan ditandai dengan nilai (*Removal Efficiency* < 0). Terdapat unit yang parameternya belum sesuai dalam acuan dimensi unit WWTP yang mengacu pada Metcalf dan Eddy (2004) dan (1991) serta SNI 6773-2008. Nilai *removal efficiency* yang belum sesuai terdapat pada unit *oxidation pit* dengan konsentrasi BOD sebesar -43% dan unit koagulasi-flokulasi pada penurunan konsentrasi Zn dengan nilai *removal efficiency* sebesar -16%. Unit WWTP yang berjalan tidak optimal dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan konsentrasi bahan organik, penurunan kualitas air limbah yang diolah, dan peningkatan biaya operasional yang dikeluarkan. Perlu dilakukan arahan pengelolaan agar kinerja unit *oxidation pit* dan koagulasi-flokulasi di WWTP Blok II UP Muara Karang dapat berjalan secara optimal sehingga air limbah yang sudah diolah dan dibuang ke lingkungan tidak menimbulkan permasalahan lingkungan. Arahan pengelolaan yang direkomendasikan akan ditinjau dari dua pendekatan yaitu diantaranya pendekatan teknologi dan pendekatan institusi.

#### 6.1 Pendekatan Teknologi

Arahan pengelolaan dengan pendekatan teknologi dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja unit proses pengolahan air limbah di WWTP Blok II UP Muara Karang baik dalam mengurangi konsentrasi beban pencemar dan mengkaji ulang kinerja unit proses pada masing-masing unit WWTP sesuai dengan standar acuan yang

digunakan serta melakukan redesain unit. Nilai *removal efficiency* yang belum sesuai terdapat pada unit *oxidation pit* dengan konsentrasi BOD sebesar -43% dan unit koagulasi-flokulasi pada penurunan konsentrasi Zn dengan nilai *removal efficiency* sebesar -16%.

Rekomendasi redesain atau *redesign* unit WWTP didasarkan oleh hasil evaluasi dengan beberapa faktor perencanaan masing-masing unit WWTP yang belum memenuhi kriteria desain serta memiliki nilai *removal efficiency* yang belum optimal. Bangunan WWTP Blok II yang sudah dibangun sejak puluhan tahun yang lalu sehingga memiliki potensi adanya penurunan efisiensi unit dalam mengolah air limbah. Redesain unit pada bangunan WWTP yang belum optimal dalam menurunkan konsentrasi Zn dan BOD diharapkan mampu mengembalikan kinerja unit agar kembali optimal dalam mengolah air limbah sesuai dengan fungsinya. Unit yang belum optimal yakni unit *oxidation pit* dan flokulasi. Rekomendasi redesain unit yang dilakukan akan mengacu pada kriteria desain Metcalf dan Eddy (2004) dan (1991). Perhitungan redesain unit WWTP dapat dilihat pada **LAMPIRAN VI**.

#### 1. *Oxidation Pit*

*Oxidation pit* adalah unit proses air limbah yang berfungsi untuk mengatur derajat keasaman pada air limbah dengan menggunakan injeksi kapur atau NaOH sebelum dilakukan pengolahan di unit koagulasi-flokulasi. Saat ini dalam pengoperasiannya *pH control* yang terdapat pada unit *oxidation pit* sudah tidak dapat berfungsi sehingga pengaturan pH sudah dilakukan pada unit WWSP sebelum dialirkan menuju *oxidation pit*. Pada bak ini juga dilakukan proses aerasi dengan *mechanical aeration system* yang di mana air dipecah oleh *blade/mixer* yang kemudian air akan terlempar menuju udara dalam jumlah yang kecil

sehingga dapat berkontak dengan udara dan mengambil oksigen. Sistem aerasi ini dilakukan untuk menyediakan oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme aerobik yang terlibat dalam proses oksidasi biologis.

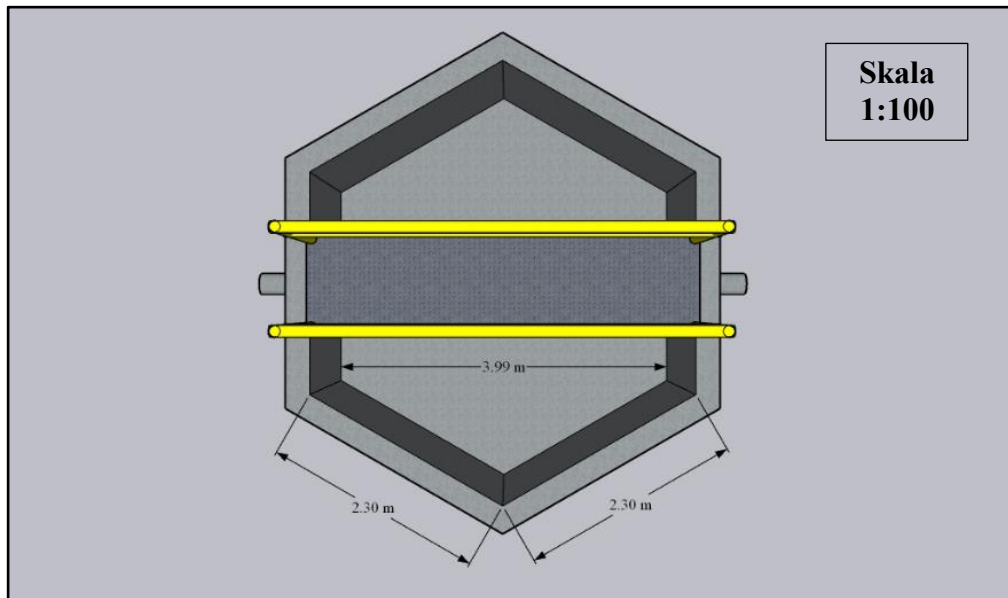
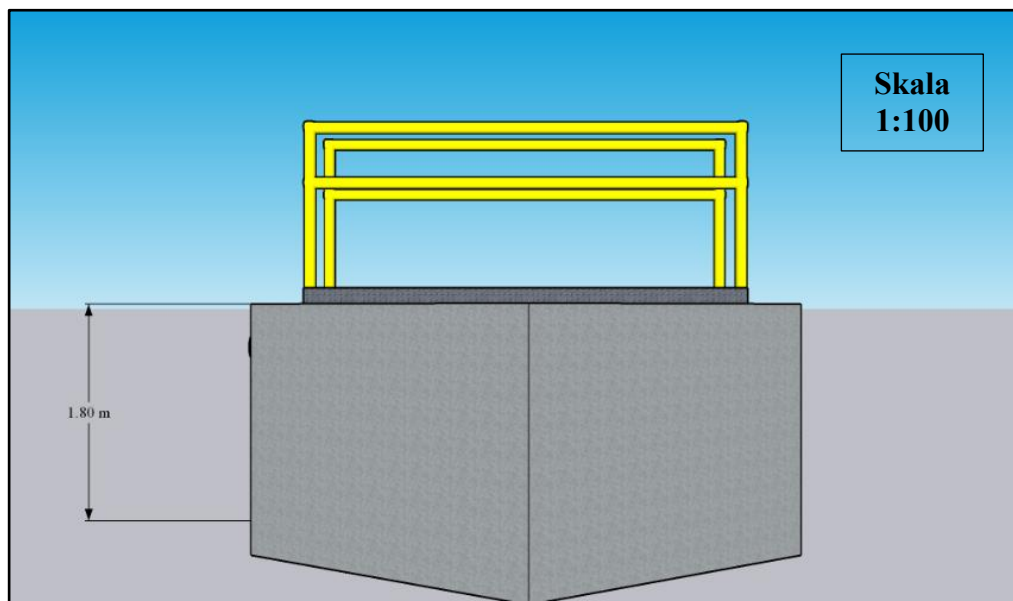
Penurunan nilai *removal efficiency* pada konsentrasi BOD pada unit *oxidation pit* setelah dilakukan analisis dan evaluasi dimensi eksisting unit didapatkan memiliki nilai waktu detensi yang belum sesuai dengan kriteria desain dan *blade/mixer* yang tidak dapat menjalankan fungsinya. Kedua faktor ini menjadi salah satu penyebab penurunan konsentrasi BOD pada unit *oxidation pit* tidak berjalan optimal sehingga perlu dilakukannya penurunan debit air limbah yang masuk ke unit *oxidation pit* sehingga nantinya waktu detensi air limbah akan ikut meningkat dan proses mikroba memanfaatkan bahan organik akan semakin meningkat serta perbaikan unit *oxidation pit* yang perlu dilakukan secara rutin sehingga masing-masing unit dapat tetap berjalan optimal.

Hasil perhitungan faktor perencanaan pada **LAMPIRAN VI** menunjukkan bahwa desain bak *oxidation pit* sudah sesuai dengan kriteria desain. Kriteria desain yang digunakan adalah Metcalf dan Eddy (1991). Dimensi unit *oxidation pit* dengan panjang 2,3 m; lebar 3,987 m; dan kedalaman 1,8 m. Debit air limbah direncanakan sebesar 150 m<sup>3</sup>/hari dengan waktu detensi 3,96 jam. Faktor perencanaan tersebut diharapkan mampu mengoptimalkan kinerja unit *oxidation pit*. Data hasil perencanaan unit *oxidation pit* dapat dilihat pada **Tabel 6.1** dan desain rancangan unitnya dapat dilihat pada **Gambar 6.1** dan **Gambar 6.2**. Penempatan unit *oxidation pit* ditampilkan pada **Peta 6.1**.

Tabel 6.1 Perencanaan Unit *Oxidation Pit*

| Faktor Perencanaan | Perencanaan              | Kriteria Desain | Keterangan |
|--------------------|--------------------------|-----------------|------------|
| Debit (Q)          | 150 m <sup>3</sup> /hari | -               | -          |
| Panjang sisi bak   | 2,3 m                    | -               | -          |
| Lebar              | 3,987 m                  | -               | -          |
| Kedalaman          | 1,8 m                    | -               | -          |
| Waktu Detensi (td) | 3,96 jam                 | 3-10            | memenuhi   |

(Analisis Penulis Tahun 2024)

Gambar 6.1 Rancangan Unit *Oxidation Pit* di WWTP BLOK II UP Muara Karang  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2024)Gambar 6.2 Rancangan Unit *Oxidation Pit* di WWTP BLOK II UP Muara Karang  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2024)



## 2. Koagulasi-Flokulasi

Unit koagulasi-flokulasi merupakan unit lanjutan dari *oxidation* pit yang berfungsi untuk menggumpalkan kotoran padatan yang tersuspensi di dalam air limbah. Unit flokulasi menggumpalkan flok dengan pengadukan lambat yang dilakukan oleh motor penggerak. Penurunan nilai *removal efficiency* pada konsentrasi Zn pada unit koagulasi-flokulasi yang disebabkan oleh nilai gradien kecepatan yang terlalu tinggi pada unit flokulasi sehingga menyebabkan pembentukan flok yang kurang optimal. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan kembali kinerja unit adalah dengan menurunkan debit air limbah yang masuk ke dalam unit flokulasi sehingga diharapkan nilai gradien kecepatannya dapat sesuai dengan kriteria desain pengaduk lambat yaitu memiliki nilai gradien kecepatan 50-100 detik<sup>-1</sup>. Menurunkan kecepatan aliran dapat dilakukan dengan mengurangi kecepatan pompa pada air limbah untuk mengurangi aliran yang masuk ke dalam unit flokulasi. Bak flokulasi sebagai pengolahan lanjutan setelah bak koagulasi yang memiliki tujuan untuk membentuk flok dengan menggunakan pengadukan lambat agar flok yang terbentuk tidak pecah dan diharapkan nantinya akan mengendap akibat adanya gaya gravitasi. Bak flokulasi yang belum optimal dalam menurunkan kadar Zn yang diakibatkan oleh gradien kecepatan yang terlalu besar sehingga perlu dilakukan perencanaan terkait kecepatan aliran yang masuk ke unit flokulasi.

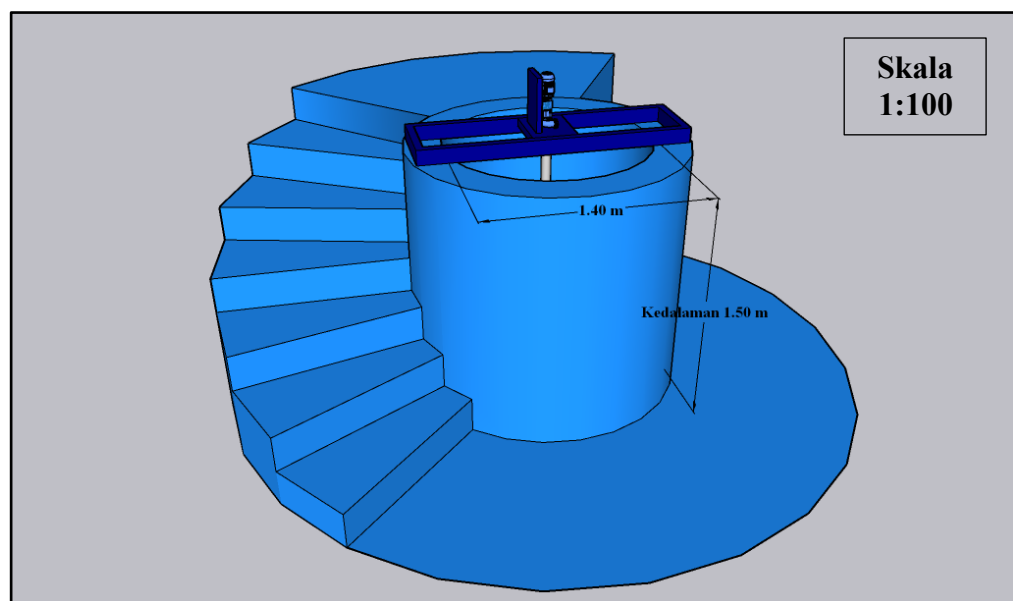
Hasil perhitungan faktor perencanaan pada **LAMPIRAN VI** menunjukkan bahwa desain bak flokulasi sudah sesuai dengan kriteria desain. kriteria desain yang digunakan adalah Metcalf dan Eddy (2004). Dimensi unit flokulasi yang direncanakan memiliki diameter bak 1,4 m dan tinggi bak 1,5 m. Debit air limbah direncanakan sebesar 150 m<sup>3</sup>/hari dengan waktu detensi 22,2 menit dan gradien

kecepatan  $85,463 \text{ s}^{-1}$ . Faktor perencanaan tersebut diharapkan mampu mengoptimalkan kinerja unit flokulasi. Data hasil perencanaan unit flokulasi dapat dilihat pada **Tabel 6.2** dan desain rancangan unitnya dapat dilihat pada **Gambar 6.3**. Penempatan unit koagulasi-flokulasi ditampilkan pada **Peta 6.1**.

**Tabel 6.2 Perencanaan Unit Flokulasi**

| Faktor Perencanaan    | Perencanaan              | Kriteria Desain        | Keterangan |
|-----------------------|--------------------------|------------------------|------------|
| Debit (Q)             | 150 m <sup>3</sup> /hari | -                      | -          |
| Diameter              | 1,4 m                    | -                      | -          |
| Tinggi                | 1,5 m                    | -                      | -          |
| Waktu Detensi (td)    | 22,2 menit               | 10-60 menit            | memenuhi   |
| Gradien Kecepatan (G) | 85,463 s <sup>-1</sup>   | 50-100 s <sup>-1</sup> | memenuhi   |

(Analisis Penulis Tahun 2024)



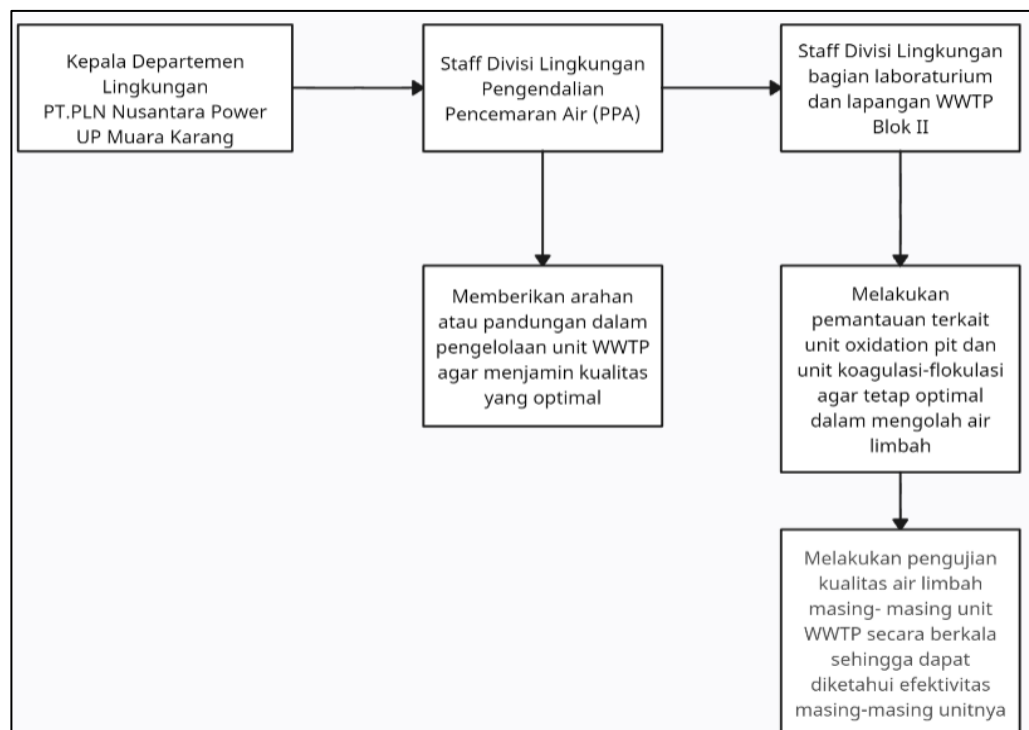
**Gambar 6.3 Rancangan Unit Flokulasi di WWTP BLOK II UP Muara Karang**  
(Sumber: Analisis Penulis Tahun 2024)

## 6.2 Pendekatan Institusi

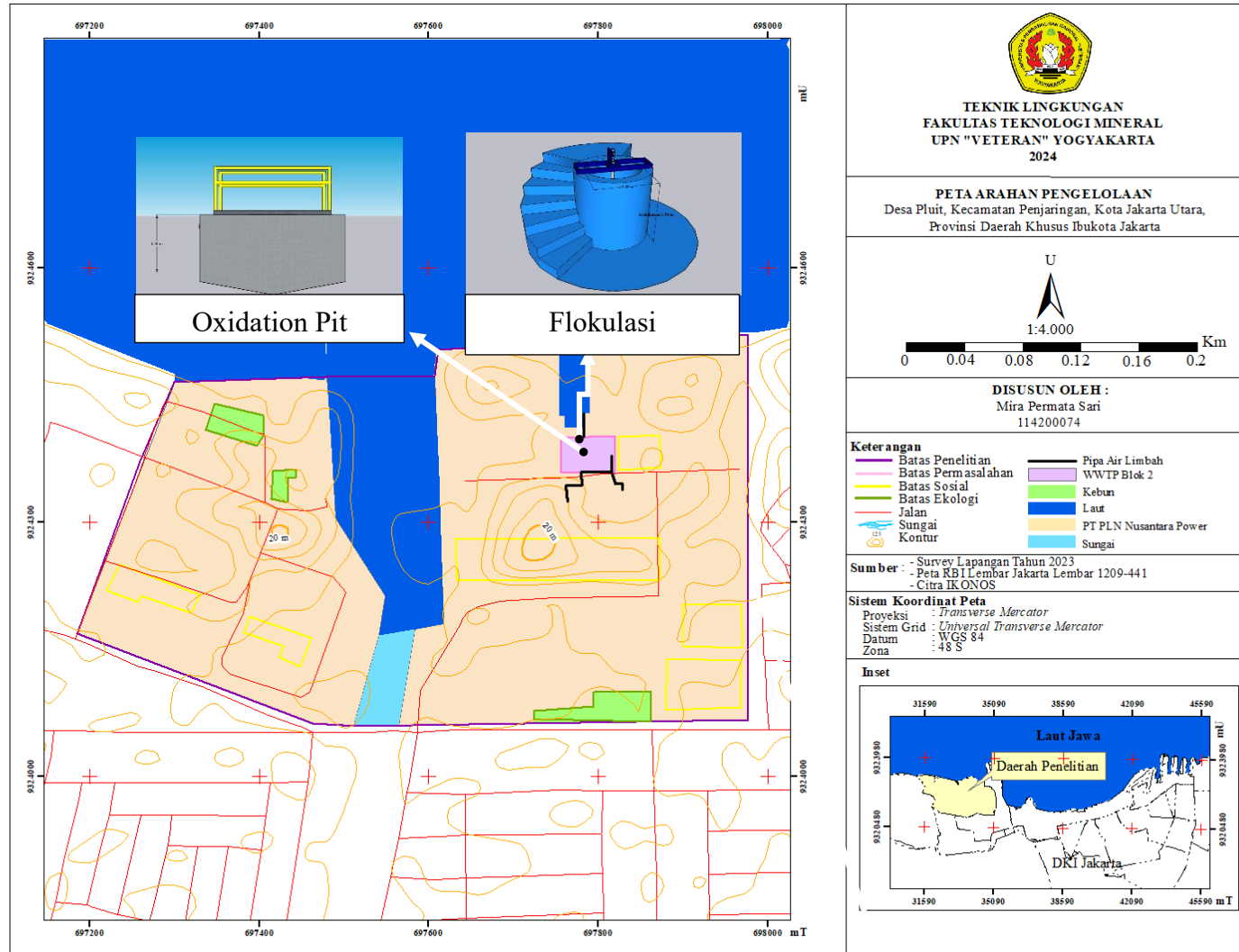
Pendekatan institusi adalah pendekatan yang dilakukan antara pihak perusahaan, pihak pemerintah dan pihak terkait yang memiliki peran penting dalam mengatasi dampak permasalahan lingkungan. Pihak yang dituju dalam permasalahan diatas yaitu pihak perusahaan yakni PT. PLN Nusantara Power UP Muara Karang. Pendekatan institusi yang dapat dilakukan dengan melakukan kerjasama dengan

Perusahaan ditempat WWTP Blok II UP Muara Karang. Upaya yang dapat dilakukan dalam pengelolaan lingkungan dan mengontrol kinerja unit WWTP Blok II UP Muara Karang dapat dilihat pada diagram alir pada **Gambar 6.4**.

- 1 Memberikan arahan atau panduan dalam pengelolaan unit di WWTP Blok II UP Muara Karang agar menjamin kualitas dan kinerja unit yang optimal.
- 2 Melakukan pemantauan terkait unit *oxidation pit* dan unit koagulasi-flokulasi sehingga tetap berjalan dengan baik dan optimal dalam mengolah air limbah.
- 3 Melakukan pengujian kualitas air limbah pada masing-masing unit WWTP secara berkala sehingga kinerja unit dapat diketahui efektivitas unit dalam mengolah air limbah.



**Gambar 6.4 Diagram Alir Upaya Pengelolaan Lingkungan**  
(Analisis Penulis Tahun 2024)



## BAB VII

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai Evaluasi Nilai *Removal Efficiency* di WWTP Blok II UP Muara Karang Kelurahan Pluit, Kecamatan Penjaringan, Kota Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta, dapat disimpulkan bahwa :

1. Nilai *removal efficiency* berturut-turut dengan berdasarkan parameter Zn dan BOD yaitu 6% dan 31% unit WWSP; 38% dan -43% unit *oxidation pit*; -16% dan 13% unit koagulasi-flokulasi; 28% dan 32% unit *clarifier*; 5% dan 26% unit *neutralizing pit*; 3% dan 29% unit *clear pit*; 3% dan 15% unit *sand filter* sedangkan nilai *removal efficiency* yang belum optimal terdapat pada unit *oxidation pit* dengan nilai -43% pada penurunan konsentrasi BOD dan unit koagulasi-flokulasi dengan nilai -16% pada penurunan konsentrasi Zn
2. Air limbah hasil pengolahan yang dibandingkan dengan kualitas air laut yang masing-masing yang ditinjau dengan parameter Zn dan BOD diambil pada unit *effluent* dan titik penataan air laut yang sudah ditetapkan oleh KLHK memiliki nilai berturut-turut pada unit *effluent* sebesar 0,127 mg/L; 18,333 mg/L dan pada titik penataan air laut sebesar 0,008 mg/L; 12 mg/L yang menunjukkan bahwa keduanya masih berada dibawah nilai baku mutu dan tidak berpotensi merusak ekosistem laut.
3. Hasil evaluasi dimensi unit WWTP Blok II UP Muara Karang belum sesuai dengan kriteria desain terutama pada unit flokulasi dan unit *oxidation pit* yang belum optimal dalam menurunkan kadar Zn dan BOD.

4. Arahan pengelolaan terbagi menjadi dua, diantaranya pendekatan teknologi dan pendekatan institusi. Pendekatan teknologi dilakukan guna mengoptimalkan kinerja unit *oxidation pit* dan flokulasi dengan redesain dimensi unit. Sehingga unit flokulasi akan menurunkan nilai gradien kecepatannya dan pada unit *oxidation pit* dengan menurunkan debit aliran air limbah yang masuk sehingga waktu detensi akan meningkat dan memberikan kesempatan pada mikroba untuk menyisihkan kandungan bahan organik di dalam air limbah. Pendekatan Institusi yang dilakukan meliputi memberikan arahan, pemantauan kinerja unit dan menguji kualitas air limbah di WWTP Blok II UP Muara Karang.

## 7.2 Saran

Penelitian yang telah dilaksanakan mengenai Evaluasi Nilai *Removal Efficiency* di WWTP Blok II UP Muara Karang Kelurahan Pluit, Kecamatan Penjaringan, Kota Jakarta Utara, Provinsi DKI Jakarta, adapun saran yang diberikan untuk melengkapi kekurangan dalam penelitian ini yaitu :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai redesain masing-masing unit WWTP yang belum sesuai dengan kriteria desain
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh air limbah hasil pengolahan di WWTP Blok II UP Muara Karang yang dibuang ke laut.
3. Perlu dilakukan penelitian mengenai dosis reagen yang tepat dengan melakukan uji *jar test* dengan skala laboratorium untuk menentukan dosis yang reagen yang optimal.

## PERISTILAHAN

1. **Lingkungan Hidup**, adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan dan makhluk hidup, termasuk manusia. Serta kebiasaannya yang memiliki pengaruh terhadap Lingkungan sekitar, keberlangsungan, kehidupan dan kesejahteraan manusia maupun makhluk hidup lainnya (PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup)
2. **Waste Water Treatment Plant** atau **WWTP**, adalah unit pengolahan limbah cair yang terdiri dari satu atau beberapa unit yang bekerja secara terus menerus.
3. **Desalination Plant**, adalah unit yang berfungsi sebagai pengolahan air laut untuk menghilangkan garam berlebih yang ada pada air
4. **Demin Plant**, adalah unit yang berfungsi sebagai pengolahan air setelah proses desalinasi, dapat menghilangkan ion Ca dan Mg untuk mencegah terjadinya kesadahan pada boiler.
5. **Boiler**, adalah unit yang berfungsi sebagai tungku pemanas air untuk menghasilkan uap panas dan uap bertekanan.
6. **Air Limbah**, adalah air yang berasal dari suatu proses dalam suatu kegiatan atau usaha (PP Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup).
7. **Waste Water Treatment Plant**, adalah tempat yang dirancang untuk menyimpan sementara air limbah sebelum di proses ke pengolahan air limbah atau *Waste Water Treatment Plant*.
8. **Oxidation Pit**, adalah unit pemrosesan air limbah yang berfungsi untuk mengatur derajat keasaman pada air limbah dengan menggunakan injeksi kapur atau NaOH, sebelum dilakukan dengan proses koagulasi-flokulasi

9. **Koagulasi-Flokulasi**, adalah unit lanjutan dari *oxidation pit* yang berfungsi untuk menggumpalkan kotoran padatan yang tersuspensi di dalam air limbah
10. **Clarifier**, adalah untuk memisahkan padatan yang terendap atau *sludge* dari air limbah *clarifier* juga di kenal dengan sebutan *sedimentation tank* atau *settling tank*
11. **Neutralizing Pit**, adalah suatu unit yang dirancang untuk menetralkan pH (derajat keasaman atau kebasaan) dari air limbah setelah proses koagulasi-flokulasi.
12. **Clear Pit**, adalah bak penampungan dari unit *neutralizing pit* dan sebagai pengecekan nilai pH pada air limbah sebelum air limbah di alirkan ke *sand filter*.
13. **Sand Filter**, merupakan suatu unit yang berfungsi melakukan penyaringan dengan menggunakan pasir silika
14. **Effluent**, merupakan bak penampungan air limbah yang sudah melewati proses pengolahan dan merupakan pengecekan air limbah sebelum dibuang ke lingkungan



## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman,U. 2006. *Kinerja Lumpur Aktif pada Pengelolaan Limbah Cair* . Surabaya
- Andini, K., Nurlina & Nasrullah, A., V. (2012). *Analisis Citra Also Palsar dalam Pembuatan Peta Geomorfologi Kalimantan Selatan*. Jurnal Fisika FLUX, 9(2), 111-119.
- Andersom, T. A., & Christensen, T. H. (1988). *Solubility of heavy metals in polluted soils and sediments: An experimental study*. Environmental Technology, 9(7), 597-606.
- Arifiani, N. F. dan Hadiwidodo, M. 2007. *Evaluasi Desain Instalasi Pengolahan Air PDAM Ibu Kota Kecamatan Prambanan Kabupaten Klaten*. Jurnal PRESIPITASI Vol. 3 No.2 September 2007, ISSN 1907-187X, pp. 78–85.
- American Water Works Association and American Society of Civil Engineering(AWWA)*. 2005. *Water Treatment Plant Design 4th Edition*. McGraw-Hill : New York
- Bainal, Aditya M. 2019. *Analisis Kerentanan Likuifaksi Berdasarkan Data SPT pada Wilayah DKI Jakarta (Studi Kasus : Kecamatan Koja, Jakarta Utara Dan Kecamatan Kebayoran Baru, Jakarta Selatan*. Universitas Trisakti.
- Chandra, B. 2005. *Pengantar Kesehatan Lingkungan*. Jakarta : Penerbit Buku. Kedokteran EGC
- Davis, M.L., and D.A. Cornwell. 1991. *Introduction To Environmental Engineering*. Second Edition. Mc-Graw-Hill. Inc. New York
- Dahlia, Triwahyono, dan Rosyidin. 2018. *Analisis Kerawanan Banjir Menggunakan Pendekatan Geomorfologi di DKI Jakarta*. Jurnal Alami Vol.2 No.1
- Dayanti, M. S. dan Herlina, D. N. (2018). *Studi Penurunan Chemical Oxygen Demand (COD) Pada Air Limbah Domestik Buatan Menggunakan Biofilter Aerob Tercelep dengan Media Bioring*. Jurnal Dampak, 15(1), 31–36.
- Dwi,M.2014. *Pembuatan lakukkMedia Pembelajaran Interaktif Bangun Ruang. Matematika*. Jurnal Speed, Vol 6. No.2
- Ebeling, J. M., Ogden, S. R., Sibrell, P. L., & Rishel, K. L. (2004). *Application of chemical coagulation aids for the removal of suspended solids (TSS) and phosphorus from the microscreen effluent discharge of an intensive*

- recirculating aquaculture system*. North American Journal of Aquaculture, 66(3), 198–207.
- Effendi, H. 2003. *Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumberdaya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Fair. (1968). *Water and Wastewater Engineering Vol 2. Water Purification and Wastewater Treatment and Disposal*. New York: John Wiley & Sons.
- Kumar, R., Singh, R., dan Kumar, S. 2018. *Environmental Impact Assessment Of A Natural Gas Combined Cycle Power Plant*. Energy, 149, 341-352
- Mahida. UN. 1984. *Pencemaran Air dan Pemanfaatan Limbah Industri*. Jakarta : Rajawali.
- Mahdi.I. 2022. *Evaluasi dan Redesain Instalasi Pengolahan Air Limbah (Studi kasus : Hotel X Kota Jambi)*. Universitas Batanghari : Jambi
- Mackenzie, L. Davis. 2010. *Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice*. McGraw-Hill : New York.
- Martin, D. 2001 *Teori dan Perencanaan Instalasi Pengolahan Air*. Yayasan Suryono : Bandung.
- McNeely, R., et al. 1979. *Water Quality Source Book, A guide to Water Quality Parameter*. Inland Waters Directorate Water Quality Branch, Ottawa, Canada, dalam Effendi (2003).
- Metcalf and Eddy. 1991. *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, and Reuse Thrid Edition*. McGraw-Hill : New York
- Metcalf and Eddy. 2004. *Wastewater Engineering Treatment and Reuse 4th Edition*. McGraw-Hill : New York
- Metcalf & Eddy. (2014). *Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery*. McGraw-Hill : New York
- Mu'miniin, A dan Windraswara, R. 2021. *Analisis Pengolahan Air Limbah Rumah Pemotongan Hewan Ampel Kabupaten Boyolali*. Higeia Journal Of Public Health Research And Development.
- Musthofa dan Samudro. 2016. *Evaluasi Unit WWTP I PT. Indah Kiat Pulp and Paper Tbk*. Serang Mill, Banten. Universitas Diponegoro : Jawa Tengah.
- Murwanto, B. (2018). *Efektivitas Jenis Koagulan Poly Aluminium Chloride Menurut Variansi Dosis dan Waktu Pengadukan terhadap Penurunan Parameter Limbah Cair Industri Tahu* . Jurnal Kesehatan, 9(1), 143-153.

- Opa, E., T. (2011). *Perubahan Garis Pantai Desa Bentenan Kecamatan Pusomaen, Minahasa Tenggara*. Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis, 7(3), 109-114.
- Permatasari, Intan, Rully A.N, dan Vincentia I.M. 2018. *Dekolorisasi Pewarna Tekstil Sumifix Blue dan Reactive red 2 oleh Mikroba yang Diisolasi dari Limbah Industri Tekstil*. Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia. Vol 5 (1): 20-26.
- Pamungkas M.T dan Oktafeni Atur, 2016, *Studi Pencemaran Limbah Cair Dengan Parameter BOD 5 dan pH di Pasar Ikan Tradisional dan Pasar Modern di Kota Semarang*. Jurnal Kesehatan Masyarakat, 4(2), 166- 175. (18552)
- Purnomo, S. 2010. *Manajemen Strategi Sebuah Konsep Pengantar*. Jakarta: Binapura Aksara
- Rahardjo,P, Nugro. 2002. *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Industri*. BPPT : Jakarta
- Rangkuti, M. F., dan Harahap, A. P. 2017. *Pengaruh Material Pipa terhadap Korosi pada Sistem Pendingin PLTGU*. Jurnal Teknik Mesin, 14(2), 123-130.
- Retnosari, A. A., & Shovitri, M. (2013). *Kemampuan Isolat Bacillus sp. dalam Mendegradasi Limbah Tangki Septik*. Jurnal Sains dan Seni ITS, 2(1), E7-. E11
- Reynaldi, B., dan Radityaningrum, A. D. (2022). *Evaluasi Sistem Instalasi Pengolahan Air Minum Di Perusahaan Umum Daerah Air Minum Maja Tirta Kota Mojokerto*. ENVITATS (Environmental Engineering Journal ITATS), 2(1), 35-44.
- Romadhonah, S dan Chusnul, A. 2020. *Analisis Kualitas Air dan Removal Efficiency Wastewater Treatment Plant (WWTP) di PT. Indonesia Power UPJP Priok Jakarta (Water Quality and Removal Efficiency Analysis of Wastewater Treatment Plant (WWTP) in PT. Indonesia Power UPJP Priok)*. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan
- Rinawati dan M, Sari. 2021. *Analisis Pengaruh Backwash Terhadap peengolahan air bersih di Water Treatment Plant (WTP) 1 PDAM Way Rilau Bandar Lampung*. Universitas Lampung : Bandar Lampung
- Said, N. 2010. *Pencemaran Air Minum Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan*. Journal.
- Sari, Adelia, dan Yuniarto, 2016. *Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Industri Agar-Agar*. Jurnal Teknik Lingkungan.
- Saputra, A., & Lestari, D. (2023). *Penurunan kadar zat organik pada air limbah industri menggunakan metode elektrokoagulasi*. Dalam W. S. Yudhistira (Ed.),

*Proceeding of the Annual Pertemuan Ilmiah Masyarakat Peneliti Air (APEMA) 2023* (pp. 45-52). LIPI Press.

Siregar, T., dan Panggabean, H. 2019. *Evaluasi Penggunaan Inhibitor Korosi pada Sistem Pendingin PLTGU*. Jurnal Teknologi Energi, 6(3), 99-105.

Shun. 2007. *Water and Waste water Calculations Manual 2nd Edition*. McgrawHill : New York.

Sinantrya dan Sholichin. 2018. *Studi Evaluasi dan Efektivitas Pengolahan Air Limbah (IPAL) PT. Kelola Mina Laut Gresik*. Universitas Brawijaya : Jawa Timur

Siswanto.2006. *LPA : Manusia dan Lingkungannya Kala Plestosen di Situs patiyam, Kec. Jekulo, Kab. Kudus, Jawa Tengah* .BALAR Yogya.Yogyakarta

Soeparman dan Suparmin. 2002. *Pembuangan Tinja dan Limbah Cair*. Jakarta: UGC.

Tchobanoglous. 2003. *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse 4th edition*. New York: McGraw-Hill Companies.

Widowati, W. 2008. *Efek Toksik Logam Pencegahan dan Penanggulangan Pencemaran*. Yogyakarta: Penerbit Andi.

Yulida dan Bhernama. 2020. *Analisis Air Limbah yang Masuk Pada Waste Water Treatment Plant (WWTP)*. Jurnal Program Studi Kimia, Fkultas Sains dan Teknologi, UIN Ar-Ra

Qasim, S.R., Motley, E.M., & Zhu, G. (2000) *Water works engineering: Planning, Design, and Operation*. London: Prentice-Hall.

### **Peraturan Perundang-undangan**

Keputusan Kepala Badan Koordinasi Penanaman Modal RI Nomor SK.266/1/KLHK/2020

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

### **Standar Nasional Indonesia**

SNI 6989 Tahun 2009 Tentang Cara Uji Kebutuhan BOD

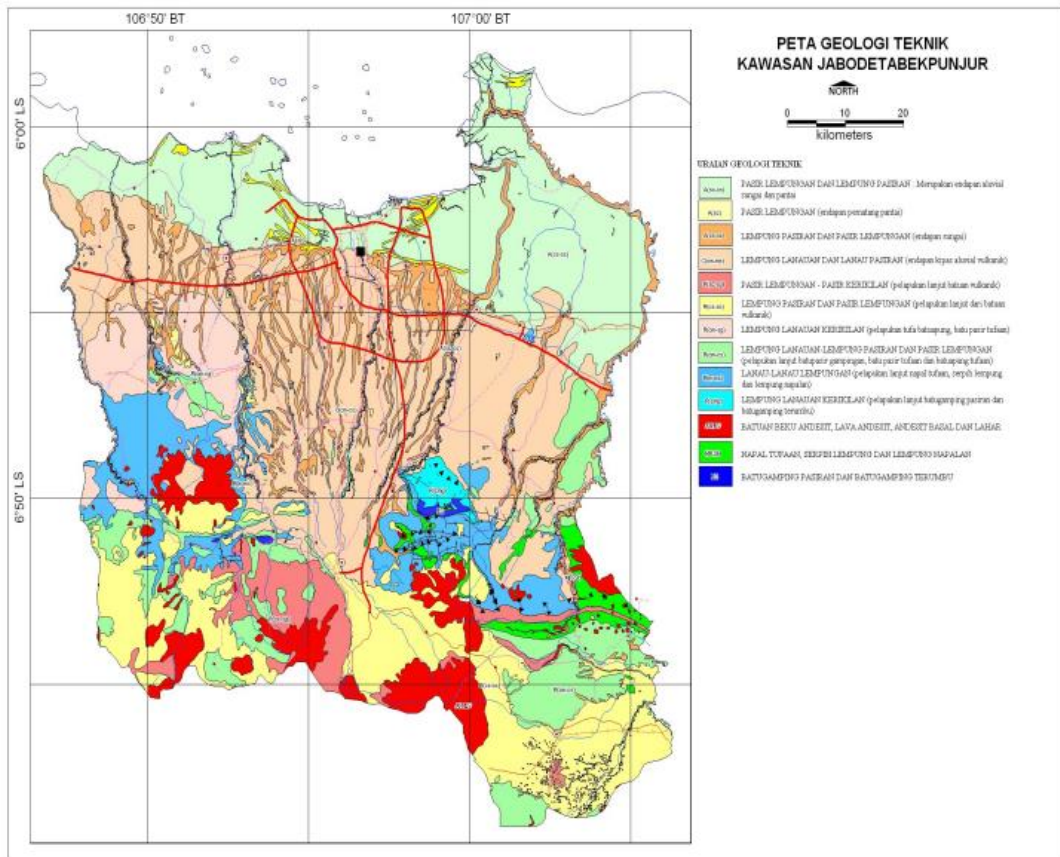
SNI 6989 Tahun 2008 Tentang Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah



# LAMPIRAN



### III. Peta Geologi Teknik JABODETABEKPUNJUR Skala 1:1.000.000



#### LAMPIRAN IV

#### PERHITUNGAN NILAI *REMOVAL EFFICIENCY* PADA PARAMETER Zn DAN BOD MASING-MASING UNIT WWTP BLOK II UP MUARA KARANG

##### 1. Waste Water Treatment Plant

##### a. Parameter Zn

Diketahui :

Konsentrasi influen = 0,283 mg/L

Konsentrasi efluen = 0,267 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency* (%) = ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Removal efficiency (\%)} &= \left( \frac{A - B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{0,283 - 0,267}{0,283} \right) \times 100\% = 6\% \end{aligned}$$



a. Parameter BOD

Diketahui :

Konsentrasi influen = 71,333 mg/L

Konsentrasi efluen = 49,333 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency (%)* = ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Removal efficiency (\%)} &= \left( \frac{A-B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{71,333 - 49,333}{71,333} \right) \times 100\% = 31\% \end{aligned}$$

2. Oxidation Pit

a. Parameter Zn

Diketahui :

Konsentrasi influen = 0,267 mg/L

Konsentrasi efluen = 0,167 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency (%)* = ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Removal efficiency (\%)} &= \left( \frac{A-B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{0,267 - 0,167}{0,267} \right) \times 100\% = 38\% \end{aligned}$$

b. Parameter BOD

Diketahui :

Konsentrasi influen = 49,333 mg/L

Konsentrasi efluen = 70,667 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency (%)* = ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Removal efficiency (\%)} &= \left( \frac{A-B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{49,333 - 70,667}{49,333} \right) \times 100\% = -43\% \end{aligned}$$

3. Bak Koagulasi-Flokulasi

a. Parameter Zn

Diketahui :

Konsentrasi influen = 0,167 mg/L

Konsentrasi efluen = 0,193 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency (%) = ?*

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Removal efficiency (\%)} &= \left( \frac{A-B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{0,167 - 0,193}{0,167} \right) \times 100\% = -16\% \end{aligned}$$

b. Parameter BOD

Diketahui :

Konsentrasi influen = 70,667 mg/L

Konsentrasi efluen = 61,667 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency (%) = ?*

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Removal efficiency (\%)} &= \left( \frac{A-B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{70,667 - 61,667}{70,667} \right) \times 100\% = 13\% \end{aligned}$$

4. Clarifier

a. Parameter Zn

Diketahui :

Konsentrasi influen = 0,193 mg/L

Konsentrasi efluen = 0,140 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency (%) = ?*

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Removal efficiency (\%)} &= \left( \frac{A-B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{0,193 - 0,140}{0,193} \right) \times 100\% = 28\% \end{aligned}$$

b. Parameter BOD

Diketahui :

Konsentrasi influen = 61,667 mg/L

Konsentrasi efluen = 41,667 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency (%) = ?*

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Removal efficiency (\%)} &= \left( \frac{A-B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{61,667-41,667}{61,667} \right) \times 100\% = 32\% \end{aligned}$$

5. *Neutralizing Pit*

a. Parameter Zn

Diketahui :

Konsentrasi influen = 0,2140 mg/L

Konsentrasi efluen = 0,133 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency* (%) = ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Removal efficiency (\%)} &= \left( \frac{A-B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{0,140-0,133}{0,140} \right) \times 100\% = 5\% \end{aligned}$$

b. Parameter BOD

Diketahui :

Konsentrasi influen = 41,667 mg/L

Konsentrasi efluen = 30,667 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency* (%) = ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Removal efficiency (\%)} &= \left( \frac{A-B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{41,667-30,667}{41,667} \right) \times 100\% = 26\% \end{aligned}$$

6. *Clear Pit*

a. Parameter Zn

Diketahui :

Konsentrasi influen = 0,133 mg/L

Konsentrasi efluen = 0,130 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency* (%) = ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Removal efficiency (\%)} &= \left( \frac{A-B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{0,133-0,130}{0,133} \right) \times 100\% = 38 \end{aligned}$$

b. Parameter BOD

Diketahui :

Konsentrasi influen = 30,667 mg/L

Konsentrasi efluen = 21,667 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency* (%) = ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Removal efficiency (\%)} &= \left( \frac{A - B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{30,667 - 21,667}{30,667} \right) \times 100\% = 29\% \end{aligned}$$

7. Sand Filter

a. Parameter Zn

Diketahui :

Konsentrasi influen = 0,267 mg/L

Konsentrasi efluen = 0,167 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency* (%) = ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{efficiency (\%)} &= \left( \frac{A - B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{0,267 - 0,167}{0,267} \right) \times 100\% = 38\% \end{aligned}$$

b. Parameter BOD

Diketahui :

Konsentrasi influen = 21,667 mg/L

Konsentrasi efluen = 18,333 mg/L

Ditanya :

*Removal efficiency* (%) = ?

Jawab :

$$\begin{aligned} \text{Removal efficiency (\%)} &= \left( \frac{A - B}{A} \right) \times 100\% \\ &= \left( \frac{21,667 - 18,333}{21,667} \right) \times 100\% = 15\% \end{aligned}$$

## LAMPIRAN V

### PERHITUNGAN EVALUASI DIMENSI EKSISTING UNIT BERDASARKAN KRITERIA DESAIN UNIT

#### a. *Waste Water Storage Pond*

$$\text{Diketahui : Debit (Q)} = 450 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume (V)} = 1000 \text{ m}^3$$

$$\text{Panjang Bak} = 24,6 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Bak} = 10,10 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Bak} = 3,81 \text{ m}$$

Mencari rasio lebar : tinggi

$$\text{Rasio} = \frac{\text{Lebar}}{\text{Tinggi}}$$

$$= \frac{10,10 \text{ m}}{3,81 \text{ m}}$$

$$= 2,650 \text{ m}$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = \frac{V}{Q}$$

$$= \frac{1000 \text{ m}^3}{450 \text{ m}^3 / \text{hari}}$$

$$= 53,333 \text{ jam} = 190.800 \text{ detik (tidak memenuhi)}$$

Analisis perhitungan blower dan diffuser

Suhu air limbah 30°C

Efisiensi blower 85%

30°C Konsentrasi Dissolved Oxygen ( $C_s$ ) = 7540 mg/m<sup>3</sup>

30°C Konsentrasi Inlet Dissolved Oxygen ( $C_i$ ) = 1000 mg/m<sup>3</sup>

30°C Konsentrasi Outlet Dissolved Oxygen ( $C_o$ ) = 6000 mg/m<sup>3</sup>

$$\text{Qudara} = 3,53 \times 10^{-3} \frac{Q \text{ air limbah} \times C_s}{E \times (1,024)^{30-20}} \times \left[ \ln \frac{C_s - C_i}{C_s - C_o} \right]$$

$$= 3,53 \times 10^{-3} \frac{30 \text{ m}^3/\text{jam} \times 7540 \text{ mg}/\text{m}^3}{0,85 \times (1,024)^{30-20}} \times$$

$$\left[ \ln \frac{7540 \text{ mg}/\text{m}^3 - 1000 \text{ mg}/\text{m}^3}{7540 \text{ mg}/\text{m}^3 - 6000 \text{ mg}/\text{m}^3} \right]$$

$$= 1071,67619 \text{ m}^3/\text{jam}$$

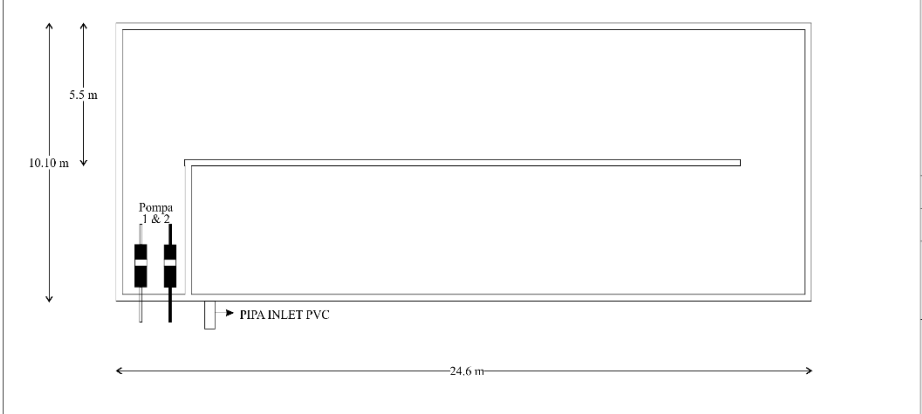
Diffuser digunakan sebagai *flowrate* udara yang digunakan yaitu nonporous diffuser yaitu sebesar  $0,45 \text{ m}^3/\text{menit}$  atau  $27 \text{ m}^3/\text{jam}$

$$\text{Jumlah diffuser} = \frac{Q \text{ udara}}{\text{Flowrate udara diffuser}}$$

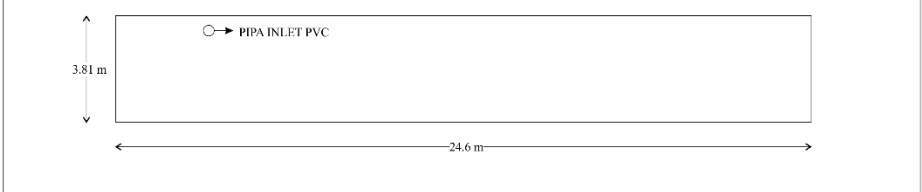
$$= \frac{1071,67619 \text{ m}^3/\text{jam}}{27 \text{ m}^3/\text{jam}}$$

$$= 39,69171074 \text{ m}^3/\text{jam} \text{ (tidak memenuhi, jumlah}$$

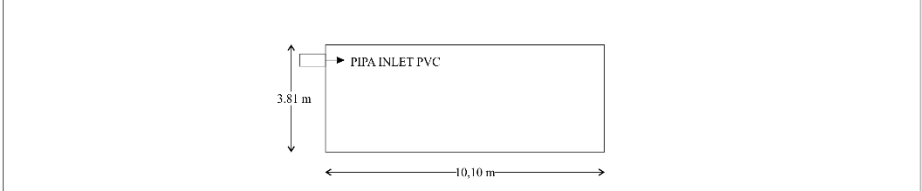
diffuser 36 buah



**TAMPAK ATAS**



**TAMPAK DEPAN**



**TAMPAK SAMPING**



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
 UPN "VETERAN" YOGYAKARTA  
 2024**

**Waste Water Storage Pond**

**SKALA 1 : 140**

**DISUSUN OLEH:  
 MIRA PERMATA SARI  
 114200074**

b. *Oxidation Pit*

$$\begin{aligned}\text{Diketahui : Debit (Q)} &= 450 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Volume (V)} &= 27 \text{ m}^3 \\ \text{Panjang sisi bak} &= 2,3 \text{ m} \\ \text{Lebar Bak} &= 3,987 \text{ m} \\ \text{Panjang Bak} &= 4,6 \text{ m} \\ \text{Daya} &= 1 \text{ Hp} = 745,7 \text{ watt} \\ \text{Visko dinamis} &= 0,798 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu detensi (td)} &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{27 \text{ m}^3}{450 \text{ m}^3 / \text{hari}} \\ &= 1,44 \text{ jam (belum memenuhi)}\end{aligned}$$

Mencari Gradien Kecepatan Mixer

$$\begin{aligned}G &= \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}} \\ &= \sqrt{\frac{745,7 \text{ Watt}}{0,798 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2 \times 27 \text{ m}^3}} \\ &= 186,037 \text{ s}^{-1}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Organic Loading Rate} &= \frac{Q \cdot S_0}{V} \\ &= \frac{150 \text{ m}^3/\text{hari} \cdot 20 \text{ gr/m}^3}{27 \text{ m}^3} \\ &= 0,111 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{hari (belum memenuhi)}\end{aligned}$$

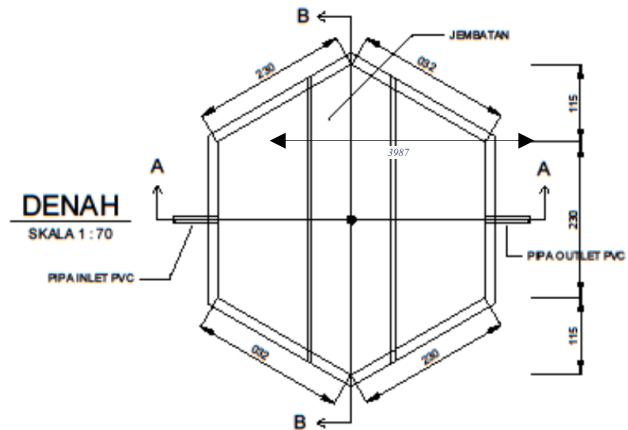
Mencari Luas Permukaan bak (persegi enam)

$$A = L1 (\text{Segitiga}) + L2 (\text{Persegi}) + L3 (\text{Segitiga})$$

$$A = (1/2 \times 3,987 \text{ m} \times 1,15 \text{ m}) + (2,3 \text{ m} \times 3,987 \text{ m}) + (1/2 \times 3,987 \text{ m} \times 1,15 \text{ m})$$



$$A = 13,75515 \text{ m}$$



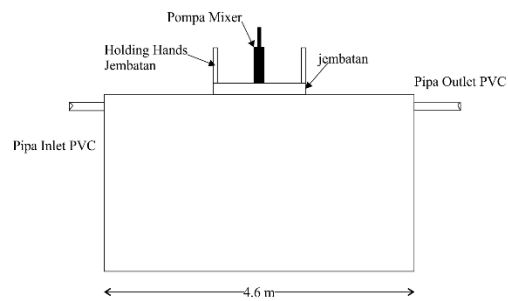
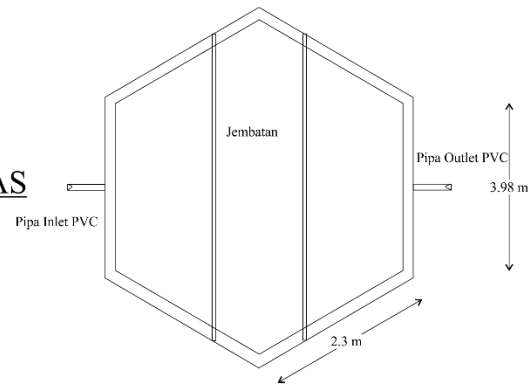
Mencari tinggi bak

$$\text{Volume} = A \times \text{tinggi bak}$$

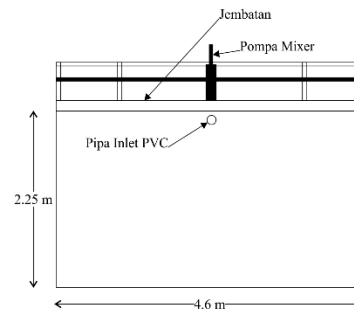
$$27 \text{ m}^3 = 11,911 \text{ m}^2 \times \text{tinggi bak}$$

$$\text{Tinggi Bak} = 2,25 \text{ m}$$

**TAMPAK ATAS**



**TAMPAK DEPAN**



**TAMPAK SAMPIING**



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA  
2024**

**SKALA 1 : 70**

**Oxidation PIT**

**DISUSUN OLEH:  
MIRA PERMATA SARI  
114200074**

c. Koagulasi

$$\begin{aligned}\text{Diketahui : Debit (Q)} &= 450 \text{ m}^3/\text{hari} \\ \text{Debit Koagulan} &= 0,068 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Volume (V)} &= 3 \text{ m}^3 \\ \text{Daya} &= 1 \text{ Hp} = 745,7 \text{ watt} \\ \text{Putaran Mixer} &= 60 \text{ rpm} \\ \text{Tinggi Bak} &= 2 \text{ m} \\ \text{Diameter Bak} &= 1,6 \text{ m} \\ \text{Visko dinamis} &= 0,798 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu detensi (td)} &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{3 \text{ m}^3}{450 \text{ m}^3 / \text{hari}} \\ &= 0,16 \text{ jam} = 576 \text{ detik}\end{aligned}$$

Mencari Gradien Kecepatan Mixer

$$\begin{aligned}G &= \sqrt{\frac{P}{u \times V}} \\ &= \sqrt{\frac{745,7 \text{ Watt}}{0,798 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2 \times 3 \text{ m}^3}} \\ &= 558,11 \text{ s}^{-1}\end{aligned}$$

Mencari G x td

$$\begin{aligned}G \times td &= 558,11 \text{ s}^{-1} \times 576 \text{ s} \\ &= 321.471,36\end{aligned}$$

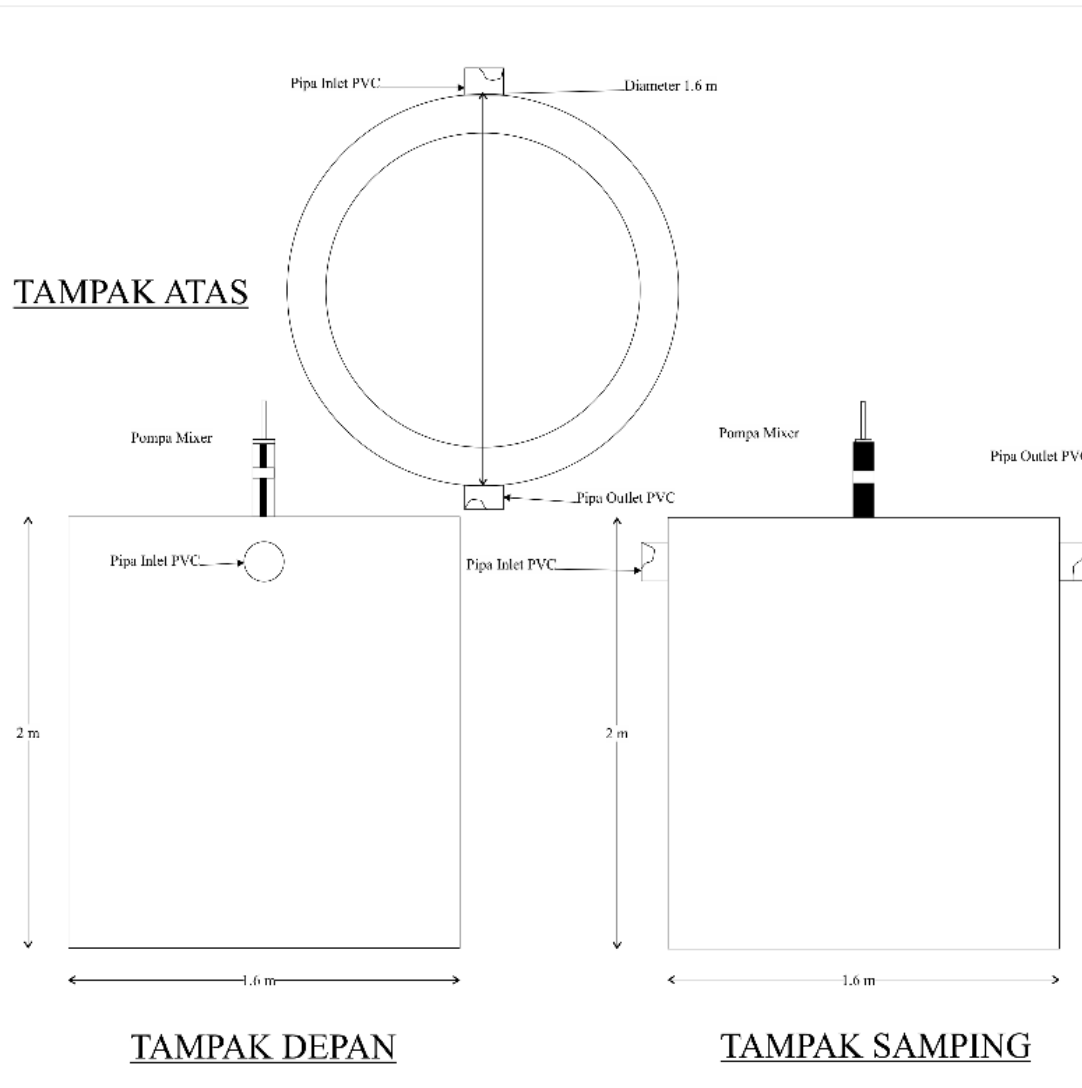


JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA  
2024

SKALA 1 : 29

Coagulant Tank

DISUSUN OLEH:  
MIRA PERMATA SARI  
114200074



TAMPAK DEPAN

TAMPAK SAMPING

d. Flokulasi

$$\text{Diketahui : Debit (Q)} = 450 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Debit Flokulan} = 0,068 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\text{Volume (V)} = 3 \text{ m}^3$$

$$\text{Daya} = 1 \text{ Hp} = 745,7 \text{ watt}$$

$$\text{Putaran Mixer} = 60 \text{ rpm}$$

$$\text{Tinggi Bak} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Diameter Bak} = 1,4 \text{ m}$$

$$\text{Visko dinamis (30}^\circ) = 0,798 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = \frac{V}{Q}$$

$$= \frac{3 \text{ m}^3}{450 \text{ m}^3 / \text{hari}}$$

$$= 0,06 \text{ jam} = 531 \text{ detik (belum memenuhi)}$$

Mencari Gradien Kecepatan Mixer

$$G = \sqrt{\frac{P}{u \times V}}$$

$$= \sqrt{\frac{745,7 \text{ Watt}}{0,798 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2 \times 3 \text{ m}^3}}$$

$$= 558,11 \text{ s}^{-1} \text{ (belum memenuhi)}$$

Mencari G x td

$$G \times \text{td} = 558,11 \text{ s}^{-1} \times 531 \text{ s}$$

$$= 296.3564,4 \text{ (belum memenuhi)}$$

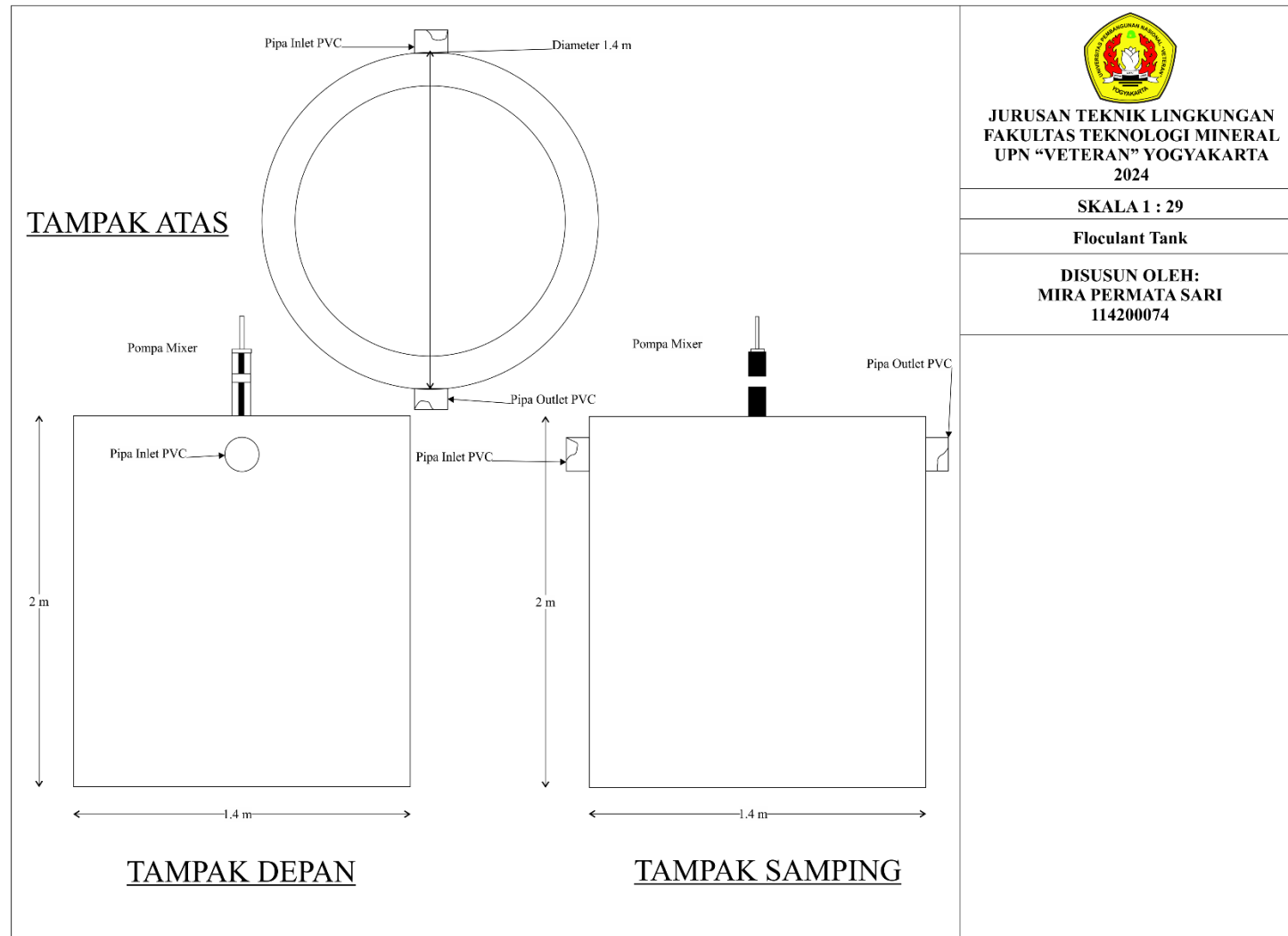


JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA  
2024

SKALA 1 : 29

Floculant Tank

DISUSUN OLEH:  
MIRA PERMATA SARI  
114200074



e. Clarifier

$$\text{Diketahui : Debit (Q)} = 450 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume (V)} = 216 \text{ m}^3$$

$$\text{Diameter} = 10 \text{ m}$$

$$\text{Jari-jari} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Daya Motor Serapper} = 2 \text{ Hp} = 1491,4 \text{ watt}$$

$$\text{Visko dinamis (30}^\circ) = 0,798 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$$

$$\text{Visko Kinematis (30}^\circ) = 0,8039 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2$$

Mencari Gradien Kecepatan Mixer

$$\begin{aligned} G &= \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}} \\ &= \sqrt{\frac{141,4 \text{ Watt}}{0,798 \times 10^{-3} \text{ N.s/m}^2 \times 216 \text{ m}^3}} \\ &= 93,02 \text{ s}^{-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu detensi (td)} &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{216 \text{ m}^3}{450 \text{ m}^3 / \text{hari}} \\ &= 11,52 \text{ jam} = 41.472 \text{ detik (belum memenuhi)} \end{aligned}$$

Mencari luas permukaan

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 10^2 \\ &= 78,5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Mencari tinggi bak

$$\text{Tinggi} = \frac{V}{A}$$

$$= \frac{216 \text{ m}^2}{78,5 \text{ m}^2}$$

$$= 2,75 \text{ m}$$

Mencari *surface loading rate*

$$V_o = \frac{Q}{A}$$

$$= \frac{30,136 \text{ m}^3 / \text{jam}}{78,5 \text{ m}^2}$$

$$= 0,38 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{jam} = 9,12 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \text{hari}$$

Mencari bilangan Reynold

$$R = \frac{A}{P(\text{Keliling basah})}$$

$$= \frac{\pi \times D \times \text{Tinggi Bak}}{\pi(D + \text{Tinggi bak})}$$

$$= \frac{3,14 \times 10 \text{ m} \times 2,75 \text{ m}}{3,14 \times (10 \text{ m} + 2,75 \text{ m})}$$

$$= 2,15 \text{ m}$$

$$Re = \frac{V \times R}{\nu}$$

$$= \frac{1,67 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 2,15 \text{ m}}{0,8039 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}}$$

$$= 44,66 \text{ (aliran laminar)}$$



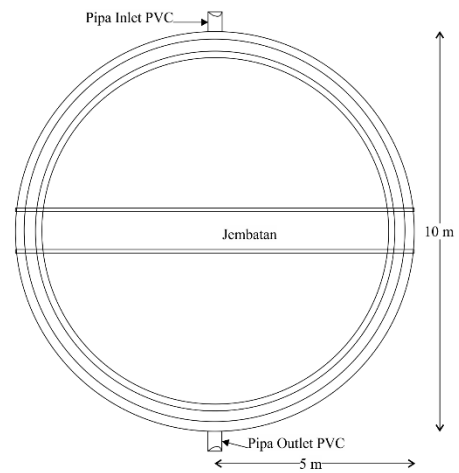


JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA  
2024

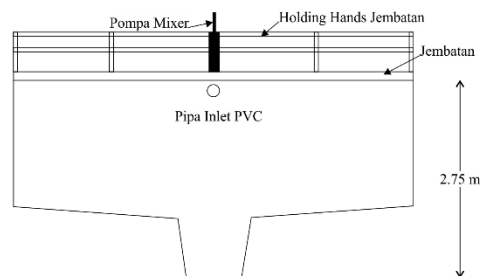
SKALA 1 : 140

Clarifier

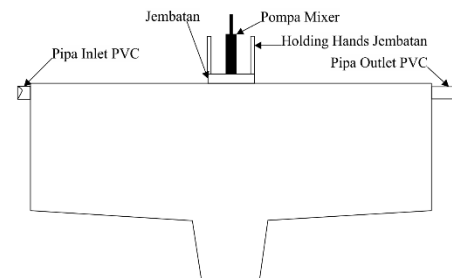
DISUSUN OLEH:  
MIRA PERMATA SARI  
114200074



TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN



TAMPAK SAMPING

f. *Neutralizing Pit*

Diketahui : Debit (Q) = 450 m<sup>3</sup>/hari

Volume (V) = 27 m<sup>3</sup>

Panjang sisi bak = 2,3 m

Waktu detensi (td) =  $\frac{V}{Q}$

=  $\frac{27 \text{ m}^3}{450 \text{ m}^3 / \text{jam}}$

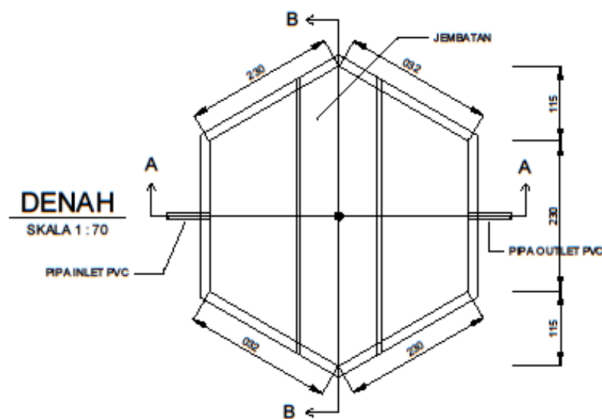
= 1,44 jam = 5.184 detik

Mencari Luas Permukaan bak (persegi enam)

A = L1 (Segitiga) + L2 (Persegi) + L3 (Segitiga)

A = (1/2 x 3,987 m x 1,15 m) + (2,3 m x 3,987 m) + (1/2 x 3,987 m x 1,15 m)

A = 13,75515 m



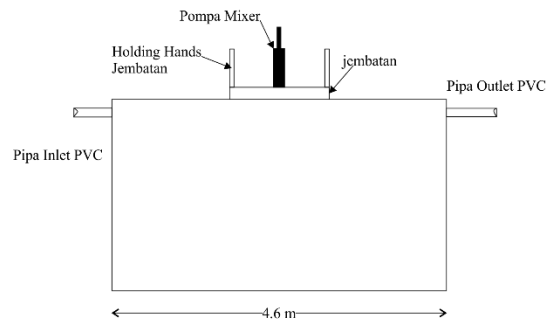
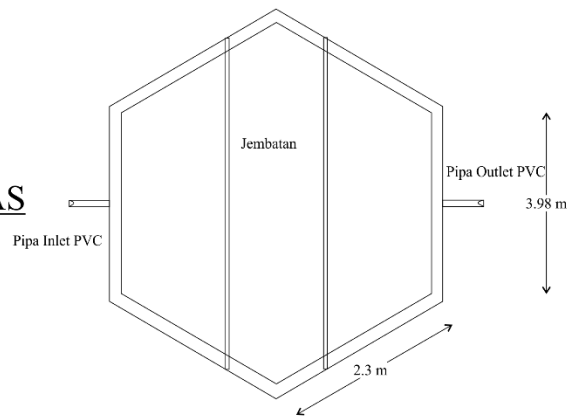
Mencari tinggi bak

Volume = A x tinggi bak

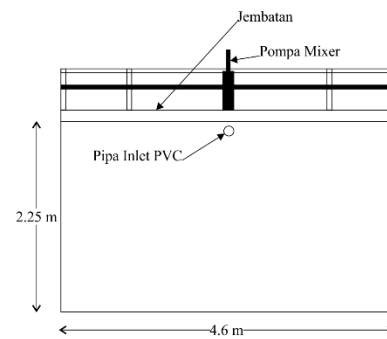
27 m<sup>3</sup> = 13,75515 m<sup>2</sup> x tinggi bak

Tinggi Bak = 1,962 m

**TAMPAK ATAS**



**TAMPAK DEPAN**



**TAMPAK SAMPING**



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA  
2024**

**SKALA 1 : 70**

**Netralizing PIT**

**DISUSUN OLEH:  
MIRA PERMATA SARI  
114200074**

g. *Clear Pit*

$$\text{Diketahui : Debit (Q)} = 450 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume (V)} = 70 \text{ m}^3$$

$$\text{Panjang Bak} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Bak} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = \frac{V}{Q}$$

$$= \frac{70 \text{ m}^3}{450 \text{ m}^3 / \text{jam}}$$

$$= 3,73 \text{ jam} = 13.440 \text{ detik}$$

Mencari tinggi bak

$$\text{Volume} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$70 \text{ m}^3 = 5 \text{ m} \times 5 \text{ m} \times \text{tinggi}$$

$$\text{Tinggi Bak} = 2,8 \text{ m}$$



JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA  
2024

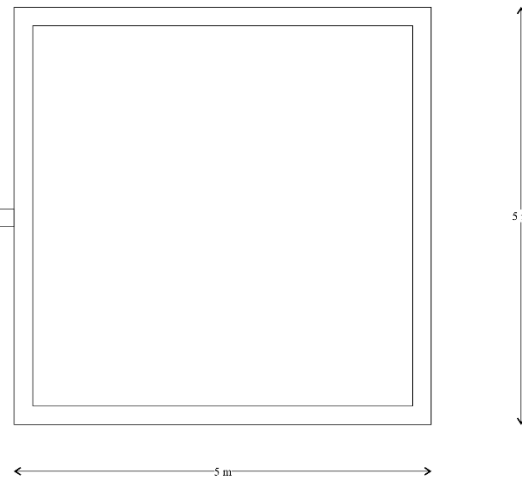
SKALA 1 : 70

Clear PIT

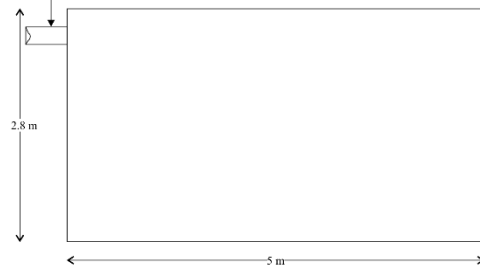
DISUSUN OLEH:  
MIRA PERMATA SARI  
114200074

TAMPAK ATAS

Pipa Inlet PVC

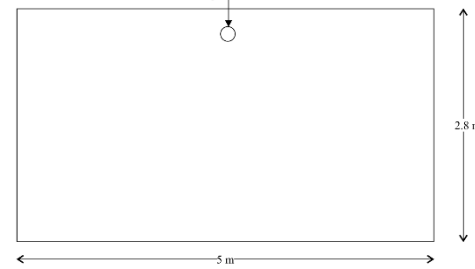


Pipa Inlet PVC



TAMPAK DEPAN

Pipa Inlet PVC



TAMPAK SAMPING

h. *Sand Filter*

|                         |                          |
|-------------------------|--------------------------|
| Diketahui : Debit (Q)   | = 40 m <sup>3</sup> /jam |
| Volume (V)              | = 3,5 m <sup>3</sup>     |
| Diameter                | = 1,6 m                  |
| Tinggi Bak              | = 1,8 m                  |
| Kedalaman medium filter | = 160 cm (1,6 m)         |
| Koefisien keseragaman   | = 1,2 – 1,6 (1,4)        |

Mencari luas bak

$$\begin{aligned}\text{Luas} &= \frac{V}{\text{Tinggi Bak}} \\ &= \frac{3,5 \text{ m}^3}{1,6 \text{ m}} \\ &= 2,187 \text{ m}^2\end{aligned}$$

Mencari kecepatan aliran

$$\begin{aligned}V &= \frac{Q}{k \times A} \\ &= \frac{40 \text{ m}^3 / \text{jam}}{1,4 \times 2,187 \text{ m}^2} \\ &= 13,064 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{Jam}\end{aligned}$$



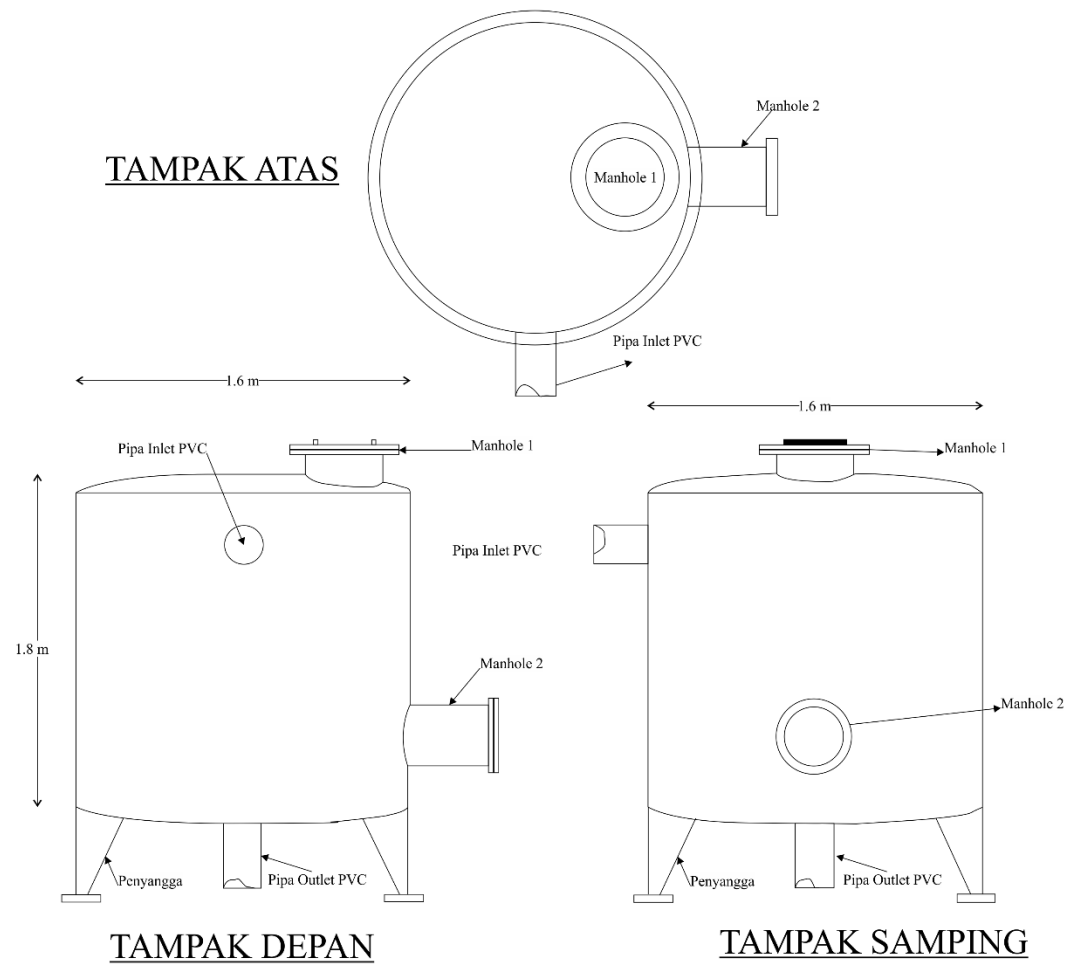
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA  
2024

SKALA 1 : 29

Sand Filter

DISUSUN OLEH:  
MIRA PERMATA SARI  
114200074

TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN

TAMPAK SAMPING

i. Bak *Effluent*

$$\text{Diketahui : Debit (Q)} = 450 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\text{Volume (V)} = 70 \text{ m}^3$$

$$\text{Panjang} = 467 \text{ cm} = 4,67 \text{ m}$$

$$\text{Lebar Bak} = 268 \text{ cm} = 2,68 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi Bak} = 1,7 \text{ m}$$

$$\text{Luas} = \frac{V}{\text{Tinggi Bak}}$$

$$= \frac{70 \text{ m}^3}{1,7 \text{ m}}$$

$$= 41,176 \text{ m}^2$$

$$\text{Waktu detensi (td)} = \frac{V}{Q}$$

$$= \frac{70 \text{ m}^3}{450 \text{ m}^3 / \text{hari}}$$

$$= 3,73 \text{ jam} = 13440 \text{ detik (sesuai)}$$



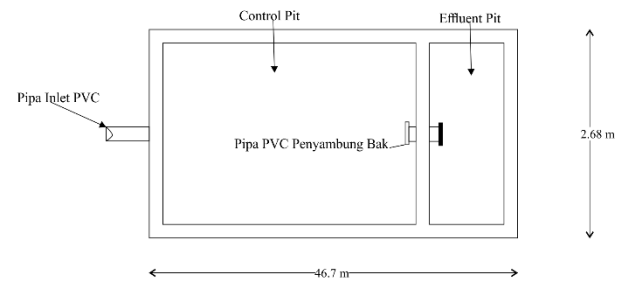


JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
UPN "VETERAN" YOGYAKARTA  
2024

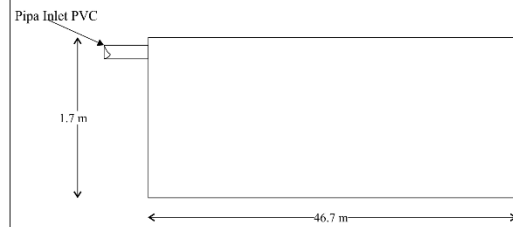
SKALA 1 : 70

Effluent Tank

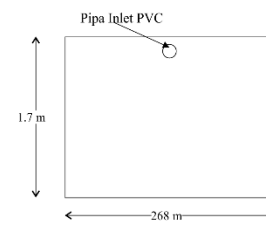
DISUSUN OLEH:  
MIRA PERMATA SARI  
114200074



TAMPAK ATAS



TAMPAK DEPAN



TAMPAK SAMPING

**LAMPIRAN VI**  
**PERHITUNGAN DAN REDESAIN DIMENSI UNIT DI WWTP BLOK II UP**  
**MUARA KARANG**

*Redesign* unit di WWTP Blok II UP Muara Karang digunakan dengan tujuan sebagai arahan pengelolaan lanjutan untuk mengoptimalkan kinerja unit WWTP dalam mengolah air limbah. *Redesign* unit dilakukan berdasarkan hasil evaluasi dimensi unit yang mengacu pada kriteria desain.

**1. Oxidation Pit**

**Kriteria Desain :**

Kriteria desain yang mengacu pada Metcalf dan Eddy (1991) yang digunakan sebagai acuan oleh perusahaan dalam merancang unit WWTP.

Waktu Detensi (td) = 3-10 jam

**Data Perencanaan :**

Debit (Q) = 150 m<sup>3</sup>/hari

Waktu Detensi = 3 jam

Panjang sisi bak = 2,3 m

Lebar Bak = 3,987 m

**Data Awal :**

Debit (Q) = 450 m<sup>3</sup>/hari

Volume (V) = 27 m<sup>3</sup>

**Perhitungan :**

$$a. \text{ Volume (v)} = \frac{V}{Q}$$

$$v = td \times Q$$

$$v = 4 \text{ jam} \times 150 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \text{ hari}}{24 \text{ jam}}$$

$$v = 25 \text{ m}^3$$

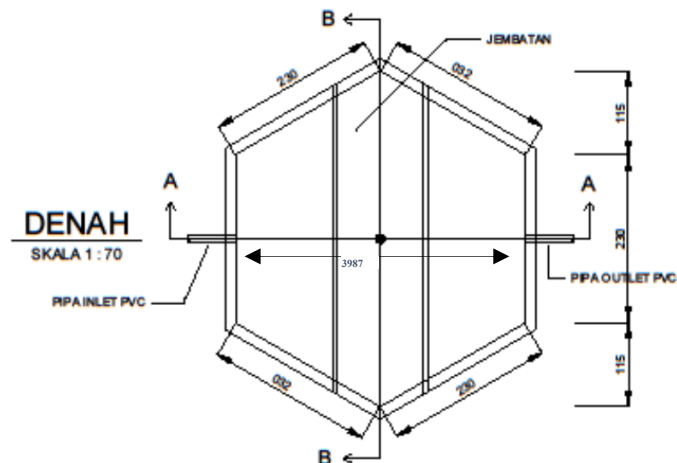
Keterbatasan lahan menjadi salah satu faktor penentuan dimensi sehingga panjang sisi bak dan lebar bak dipertahankan pada dimensi 2,3 m dan 3,987 m. Perubahan dimensi bak hanya terdapat pada kedalamannya. *Redesign* bak *oxidation pit* sebagai berikut :

Mencari Luas Permukaan bak (persegi enam)

$$A = L1 (\text{Segitiga}) + L2 (\text{Persegi}) + L3 (\text{Segitiga})$$

$$A = (1/2 \times 3,987 \text{ m} \times 1,15 \text{ m}) + (2,3 \text{ m} \times 3,987 \text{ m}) + (1/2 \times 3,987 \text{ m} \times 1,15 \text{ m})$$

$$A = 13,75515 \text{ m}^2$$



Mencari tinggi bak

$$\text{Volume} = A \times \text{tinggi bak}$$

$$25 \text{ m}^3 = 13,75515 \text{ m}^2 \times \text{tinggi bak}$$

$$\text{Tinggi Bak} = 1,817 \approx 1,8 \text{ m}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diketahui bahwa perubahan dimensi bak *Oxidation Pit* yaitu panjang 2,3 m; lebar 3,987 m; dan tinggi 1,8 m dengan kapasitas debit 150 m<sup>3</sup>/hari. Dimensi yang digunakan berdasarkan hasil pembulatan maka diperlukan pengecekan dengan kriteria desain sebagai berikut.

- Volume = A × tinggi
 
$$= 13,75515 \text{ m}^2 \times 1,8 \text{ m}$$

$$= 24,75 \text{ m}^3$$
- Waktu detensi (td) =  $\frac{V}{Q}$

$$= \frac{24,75 \text{ m}^3}{150 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}}$$

$$= 3,96 \text{ jam (memenuhi)}$$

Berdasarkan hasil pengecekan, perubahan terhadap dimensi menghasilkan waktu detensi yang memenuhi kriteria desain.

## 2. Flokulasi

### Kriteria Desain :

Kriteria desain yang mengacu pada Metcalf dan Eddy (2004) yang digunakan sebagai acuan oleh perusahaan dalam merancang unit WWTP.

Waktu Detensi (td) = 10-60 menit

Gradien Kecepatan = 50-100 s<sup>-1</sup>

### Data Perencanaan :

Debit (Q) = 150 m<sup>3</sup>/hari  
 Td = 20 menit  
 G = 90 s<sup>-1</sup>  
 Diameter = 1,4 m

### Data Awal :

Debit (Q) = 450 m<sup>3</sup>/ hari  
 Daya = 1 Hp = 745,7 watt  
 Viskositas dinamis = 0,798 x 10<sup>-3</sup> N.s/m<sup>2</sup> (hasil pengukuran perusahaan)  
 G = 558,11 s<sup>-1</sup>

### Perhitungan :

a. Waktu detensi (td) =  $\frac{V}{Q}$

$$V = td \times Q$$

$$V = 20 \text{ menit} \times 150 \text{ m}^3/\text{hari} \times \frac{1 \text{ hari}}{1.440 \text{ menit}}$$

$$V = 2,083 \text{ m}^3$$

b. Gradien kecepatan (G) =  $\sqrt{\frac{P}{\mu \times V}}$

$$P = G^2 \times \mu \times V$$

$$P = (90 \text{ s}^{-1})^2 \times 0,000798 \text{ N.m/s} \times 2,083 \text{ m}^3$$

$$P = 13,464 \text{ N.m/s}$$

c. Mentukan dimensi

$$V = 3,14 \times (\pi)^2 \times t$$

$$t = \frac{2,083 \text{ m}^3}{3,14 \times (\pi)^2}$$

$$t = \frac{2,083 \text{ m}^3}{3,14 \times (0,7)^2}$$

$$t = 1,353 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m (freeboard} = 0,147 \text{ m)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan bahwa dimensi bak flokulasi dengan kapasitas debit  $150 \text{ m}^3/\text{hari}$  adalah diameter  $1,4 \text{ m}$  dan tinggi  $1,5 \text{ m}$ . Dimensi yang ditetapkan merupakan hasil pembulatan sehingga perlu dilakukan pengecekan dengan kriteria desain waktu detensi dan gradien kecepatan sebagai berikut :

- Volume bak flokulasi

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= 3,14 \times (\pi)^2 \times t \\ &= 3,14 \times (0,7)^2 \times 1,5 \\ &= 2,3079 \text{ m}^3 \approx 2,31 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Waktu detensi (Td)

$$Q = 150 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu detensi (td)} &= \frac{V}{Q} \\ &= \frac{2,31 \text{ m}^3}{150 \text{ m}^3/\text{hari}} \times \frac{24 \text{ jam}}{1 \text{ hari}} = 22,2 \text{ menit (memenuhi)} \end{aligned}$$

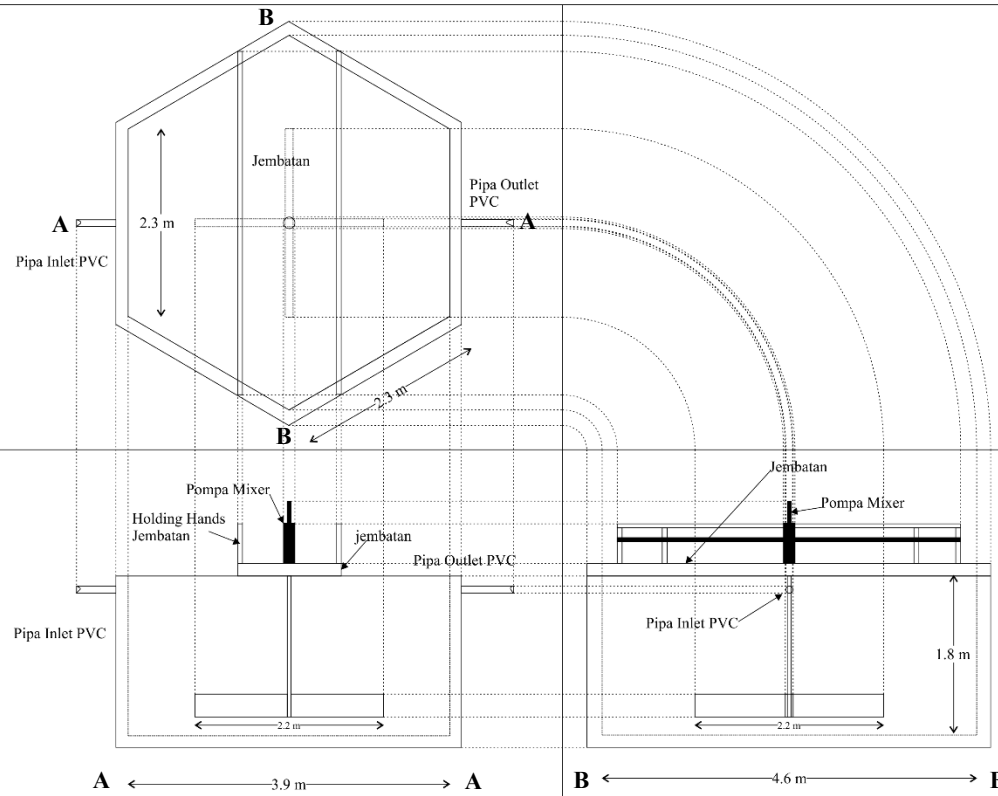
$$\text{- Gradien kecepatan (G)} = \sqrt{\frac{P}{\mu \times V}}$$

$$= \sqrt{\frac{13,464 \text{ N.m/s}}{0,000798 \text{ N.m/s}^1 \times 2,31 \text{ m}^3}}$$

$$= 85,463 \text{ s}^{-1} \text{ (memenuhi)}$$

Berdasarkan hasil pengecekan, perubahan terhadap dimensi menghasilkan waktu detensi dan gradien kecepatan yang memenuhi kriteria desain.

TAMPAK ATAS



TAMPAK SAMPING

TAMPAK DEPAN

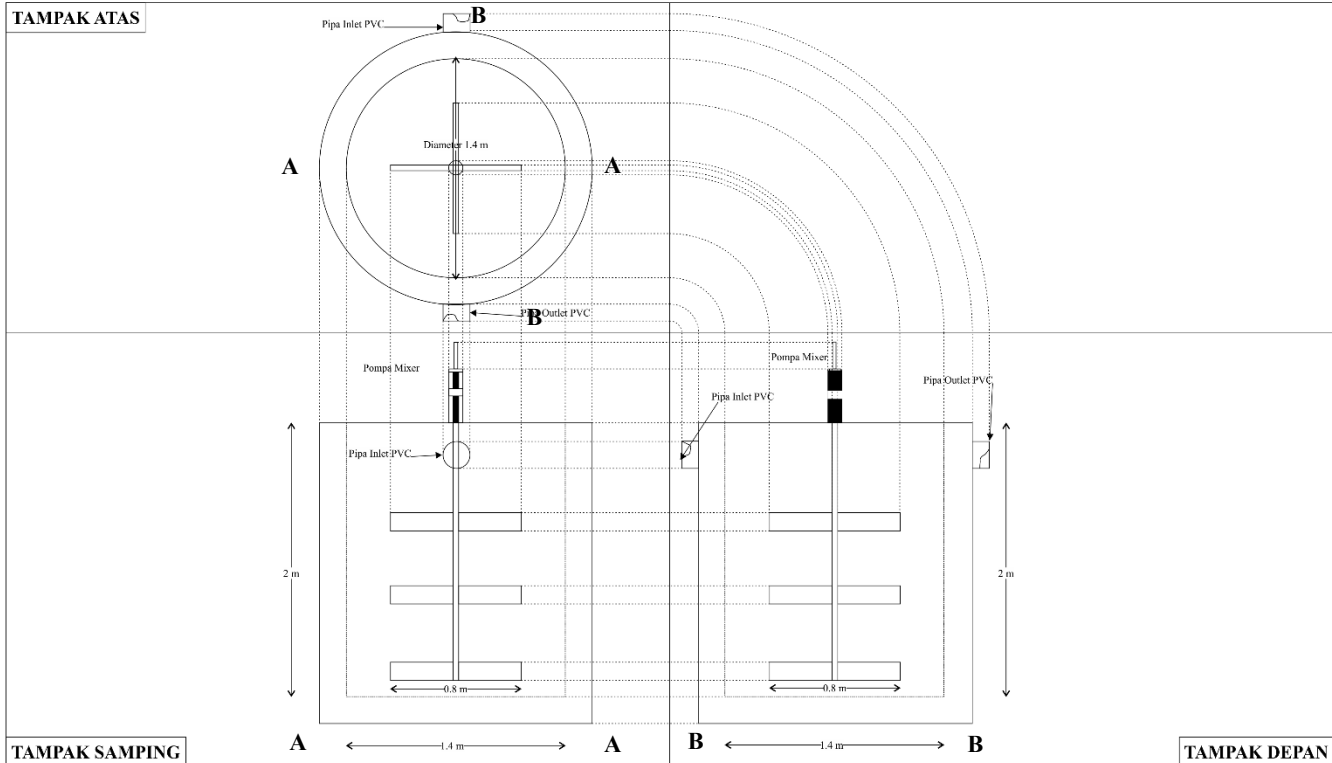


JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
 FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL  
 UPN "VETERAN" YOGYAKARTA  
 2024

DESAIN PERENCANAAN  
 OXIDATION PIT

SKALA 1 :49

DISUSUN OLEH:  
 MIRA PERMATA SARI  
 114200074



  
**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNOLOGI MINERAL**  
**UPN "VETERAN" YOGYAKARTA**  
**2024**

**DESAIN PERENCANAAN**  
**FLOCULANT TANK**  
  
**SKALA 1 :24**  
  
**DISUSUN OLEH:**  
**MIRA PERMATA SARI**  
**114200074**

TAMPAK DEPAN