



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PERANCANGAN SISTEM DAN OPTIMASI  
PARAMETER OPERASI PADA UNIT PENGOLAHAN  
LIMBAH AIR PIT BESAR TPS B3 DENGAN METODE  
MODIFIKASI ELEKTROLISIS**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Diploma  
III Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

Oleh:

**Aqshal Yanu Pratama**

**NIM. 1902322011**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KONVERSI ENERGI  
JURUSAN TEKNIK MESIN  
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA  
2022**



*“Tugas Akhir ini kupersembahkan untuk ayah, ibu, bangsa, dan almamater”*

## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**LAPORAN TUGAS AKHIR**

**PERANCANGAN SISTEM DAN OPTIMASI PARAMETER OPERASI PADA UNIT  
PENGOLAHAN LIMBAH AIR PIT BESAR TPS B3 DENGAN METODE  
MODIFIKASI ELEKTROLISIS**

Oleh:

Aqshal Yanu Pratama

NIM. 1902322011

Program Studi Diploma Teknik Konversi Energi

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh Pembimbing

Pembimbing 1

Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T.

NIP. 199306062019032030

Pembimbing 2

Ir. Bambang Irawan, S.T.

NIP. 132492

Kepala Program Studi

Diploma Teknik Konversi Energi

Yuli Mahendo D.E.S., S. Pd., M. T.

NIP. 199403092019031013



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN  
LAPORAN TUGAS AKHIR

PERANCANGAN SISTEM DAN OPTIMASI PARAMETER OPERASI  
PADA UNIT PENGOLAHAN LIMBAH AIR PIT BESAR TPS B3 DENGAN  
METODE MODIFIKASI ELEKTROLISIS

Oleh:  
Aqshal Yanu Pratama  
NIM. 1902322011  
Program Studi Teknik Konversi Energi

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang tugas akhir di hadapan Dewan Penguji pada tanggal 28 Agustus 2022 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Diploma III pada Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin.

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T.	Penguji 1		
2.	Noor Hidayati, S.T., M.Sc.	Penguji 2		
3.	Nugrahanto Widagdo, S.T., M.Sc.	Penguji 3		30/8-2022

Bontang, 28 Agustus 2022

Disahkan Oleh:  
Ketua Jurusan Teknik Mesin  
  
Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T.  
NIP. 197707142008121005



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Aqshal Yanu Pratama

NIM : 1902322011

Program Studi : Teknik Konversi Energi

Menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Bontang, 28 Agustus 2022



Aqshal Yanu Pratama

NIM. 1902322011



# PERANCANGAN SISTEM DAN OPTIMASI PARAMETER OPERASI PADA UNIT PENGOLAHAN LIMBAH AIR PIT BESAR TPS B3 DENGAN METODE MODIFIKASI ELEKTROLISIS

Aqshal Yanu Pratama<sup>1)</sup>, Isnanda Nuriskasari<sup>1\*)</sup>, Bambang Irawan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Diploma Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16242

<sup>2)</sup> PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur, 75324

Email: [aqshalpratama6@gmail.com](mailto:aqshalpratama6@gmail.com)

## ABSTRAK

Kebutuhan air bersih untuk menunjang dan menjaga keseimbangan ekosistem di wilayah sekitar Bontang menjadi perhatian PT Badak NGL dalam pengolahan limbah air. Pit Besar TPS B3 merupakan tempat penampungan limbah air yang berasal dari cucian *vessel* 1C-2 (*CO<sub>2</sub> Absorber*) dan 1C-5 (*Amine Regenerator*), dimana air limbah tersebut mengandung kadar *mDEA* sehingga memiliki konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang cukup tinggi. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan perancangan unit *Mini Waste Water Treatment Plant* dengan metode modifikasi elektrolisis. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan parameter operasi yang optimum pada proses pengolahan limbah air Pit Besar TPS B3 PT Badak NGL dengan metode modifikasi elektrolisis pada skala laboratorium untuk menurunkan konsentrasi COD yang memenuhi standar *safety process* dan mendapatkan hasil uji kinerja unit *Mini Waste Water Treatment Plant*. Metode modifikasi elektrolisis yang digunakan pada pengolahan air limbah dalam penelitian ini adalah *pre-treatment* air limbah dengan menggunakan saringan 325 *mesh*, dilanjutkan dengan proses ozonisasi, kemudian proses elektrolisis, dan filtrasi menggunakan variasi *activated carbon*. Parameter proses pengolahan air limbah yang optimum pada skala laboratorium yaitu *pre-treatment* air limbah dengan saringan 325 *mesh*, proses ozonisasi selama 3 jam, proses elektrolisis menggunakan 3 pasang elektrode pada kuat arus 5 Ampere selama 3 jam, dan filtrasi menggunakan *Granular Activated Carbon* dan *Chlorine, Odor, Taste Filter*. Kondisi optimum ini mampu menurunkan nilai COD hingga 98,99%. Hasil uji kinerja unit Mini WWTP dengan metode modifikasi elektrolisis telah memenuhi syarat keberterimaan presisi dan akurasi. Biaya *capital expenditure* yang diperoleh sebesar Rp 3.611.514,00 dan biaya *operational expenditure* sebesar Rp 530.852,00.

Kata Kunci: limbah air, COD, elektrolisis, ozonisasi, elektrode, filter

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

# SYSTEM DESIGN AND OPTIMIZATION OF OPERATING PARAMETER ON WASTE WATER TREATMENT UNIT USING ELECTROLYSIS MODIFICATION METHOD

Aqshal Yanu Pratama<sup>1)</sup>, Isnanda Nuriskasari<sup>1\*)</sup>, Bambang Irawan<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> Program Studi Diploma Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16242

<sup>2)</sup> PT Badak NGL, Bontang, Kalimantan Timur, 75324

Email: [aqshalpratama6@gmail.com](mailto:aqshalpratama6@gmail.com)

## ABSTRACT

The need for clean water to support and maintain the balance of the ecosystem in the area around Bontang is a concern for PT Badak NGL in wastewater treatment. The Big Pit of TPS B3 is a place to collect waste water from vessel washing 1C-2 (CO<sub>2</sub> Absorber) and 1C-5 (Amine Regenerator), where the wastewater contains levels of aMDEA so that it has a fairly high concentration of Chemical Oxygen Demand (COD). Therefore, in this study, the design of a Mini Waste Water Treatment Plant unit was carried out with the modified electrolysis method. This study aims to obtain the optimum operating parameters for the wastewater treatment process of PT Badak NGL's Big Pit TPS B3 with modified electrolysis method on a laboratory scale to reduce COD concentrations that meet the safety process standards and obtain performance test results for the Mini Waste Water Treatment Plant unit. The modified electrolysis method used in wastewater treatment in this study is wastewater pre-treatment using a 325 mesh filter, followed by an ozonation process, then an electrolysis process, and filtration using a variation of activated carbon. The optimum wastewater treatment process parameters on a laboratory scale are pre-treatment of wastewater with a 325 mesh filter, the ozonation process for 3 hours, the electrolysis process using 3 pairs of electrodes at a current of 5 Ampere for 3 hours, and filtration using Granular Activated Carbon and Chlorine, Odor, Taste Filter. This optimum condition is able to reduce the COD value up to 98.99%. The results of the performance test of the Mini WWTP unit with the modified electrolysis method have met the acceptance requirements of precision and accuracy. The capital expenditure cost obtained was Rp. 3,611,514.00 and the operational expenditure cost was Rp 530.852,00.

Keyword: waste water, COD, electrolysis, ozonation, electrode, filter



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunianya-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“PERANCANGAN SISTEM DAN OPTIMASI PARAMETER OPERASI PADA UNIT PENGOLAHAN LIMBAH AIR PIT BESAR TPS B3 DENGAN METODE MODIFIKASI ELEKTROLISIS”**. Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan studi Dipoma III Program Studi Teknik Konversi Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta.

Penulisan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang tiada terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Eng. Muslimin, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
2. Bapak Johan Anindhito Indriawan selaku Direktur LNG Academy PT Badak NGL.
3. Ibu Isnanda Nuriskasari, S.Si., S.T. selaku Dosen Pembimbing dari Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Bapak Ir. Bambang Irawan, S.T., selaku Dosen Pembimbing dari PT Badak NGL yang telah memberikan bimbingan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.
5. Bapak Ir. Muhammad Arief Setiawan, S.T., M.T., I.P.M selaku Ketua Jurusan konsentrasi Pengolahan Gas yang telah memberikan bantuan dalam mengarahkan dalam pelaksanaan Tugas Akhir ini.
6. Bapak Yuli Mafrendo D.E.S, S. Pd., M.T. selaku Kepala Program Studi Teknik Konversi Energi Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
7. Mas Aulia Tulananda dan Mbak Rela Amelia yang telah menjadi teman diskusi selama berkegiatan di Laboratorium Badak LNG.





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

8. Rekan satu kelompok saya, Muhammad Khalish Khalifa yang telah berjuang bersama-sama.
9. Seluruh pekerja MHE, Instrument Section, SE&C Section, Lab&EC Section, dan MPTA Section yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir kami.
10. Kakak tingkat LNG Academy di berbagai seksi yang telah membantu kelancaran tugas akhir kami.
11. Pihak-pihak yang berasal dari PNJ dan PT Badak NGL yang membantu penyelesaian tugas akhir ini yang tidak kami sebutkan satu persatu.
12. Kedua orang tua yang telah memberikan doa kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan.
13. Teman-teman LNG Academy angkatan IX yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir.
14. Teman-teman Universitas Pertamina dan Institut Teknologi Kalimantan yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam proses penyelesaian Tugas Akhir.

Penulis sangat menyadari betapa banyak kesalahan dan kekurangan yang mungkin ada pada laporan ini. Oleh karena itu, jika pembaca memiliki pesan dan saran mohon disampaikan kepada penulis sebagai rujukan bagi penulis dimasa yang akan datang.

Akhir kata, penulis mengucapkan terima kasih kepada pembaca yang telah meluangkan waktunya untuk membaca laporan ini dan berharap laporan yang disusun ini dapat bermanfaat bagi pembaca juga bagi penulis dan bagi ilmu pengetahuan.

Bontang, 28 Agustus 2022

Aqshal Yanu Pratama



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS .....	v
ABSTRAK.....	vi
KATA PENGANTAR .....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
DAFTAR ISTILAH .....	xix
BAB I PENDAHULUAN .....	20
1.1 Latar Belakang .....	20
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Air.....	8
2.1.1 Definisi Air .....	8
2.1.2 Karakteristik Air .....	9
2.2 Air Limbah .....	9
2.3 Sumber dan Karakteristik Limbah Domestik.....	10



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.3.1 Sumber Air Limbah Domestik.....	10
2.3.2 Karakteristik Air Limbah.....	11
2.4 Reaksi Reduksi-Oksidasi.....	15
2.5 Ozonisasi berbasis AOP ( <i>Advanced Oxydation Processes</i> ).....	17
2.5.1 Penggunaan Ozon dan Hidrogen Peroksida dalam AOP ( <i>Advanced Oxydation Processes</i> ) .....	21
2.5.2 Penggunaan Ozon dan Sinar UV dalam AOP ( <i>Advanced Oxydation Processes</i> ) .....	22
2.5.3 Ozonisasi Katalitik.....	22
2.5.4 Produk Samping Ozonisasi.....	23
2.6 Elektrolisis.....	23
2.6.1 Faktor Penentu Elektrolisis.....	25
2.6.2 Produk Elektrolisis.....	26
2.6.3 Modifikasi Elektrolisis MDEA.....	28
2.6 <i>Food to Mass/ Food to Microorganism Ratio Methode</i> .....	32
2.7 Media Filtrasi (Filter).....	38
2.7.1 Material dan Komponen.....	38
2.8 Parameter Validasi Metode Uji.....	42
2.8.1 Uji Linearitas .....	42
2.8.2 Presisi.....	43
2.8.3 Akurasi.....	45
2.8.4 Standar Deviasi (SD) dan Standar Deviasi Relatif.....	46
2.8.5 Coefficient Variance Horwitz (CV Horwitz).....	46
2.8.6 Bias .....	47
2.8.7 <i>Ruggedness</i> (Kekasaran Metode).....	47



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB III METODE PENELITIAN.....	49
3.1 Prosedur Penelitian.....	49
3.1.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	49
3.1.2 Penjelasan Langkah Kerja .....	50
3.2 Metode Pengambilan Sampel .....	54
3.2.1 Metode Pengambilan Sampel (Skala Laboratorium).....	54
3.2.2 Metode Pengambilan Sampel (Unit WWTP) .....	54
3.3 Analisis Kandungan Air Limbah Pit Besar .....	63
3.3.1 <i>Chemical Oxygen Demand Test</i> .....	64
3.4 Metode Pemecahan Masalah .....	68
3.5 Teknik Analisis Data .....	68
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	70
4.1 Rancangan Unit <i>Mini Waste Water Treatment Plant</i> dengan Metode Modifikasi Elektrolisis .....	70
4.1.1 Analisis Spesifikasi Inlet Plant-34.....	70
4.2 Parameter Proses Pengolahan Limbah Air dengan Metode Modifikasi Elektrolisis.....	78
4.2.1 Ozonisasi Skala Laboratorium (Data Waktu dan nilai <i>Chemical Oxygen Demand</i> ).....	78
4.2.2 Elektrolisis Skala Laboratorium (Data Waktu, Tegangan, Kuat Arus, dan Suhu) .....	81
4.3 Validasi Kinerja Unit Mini WWTP dengan Modifikasi Elektrolisis .....	93
4.4 Analisis Total Kebutuhan Biaya Unit Mini WWTP dengan Modifikasi Elektrolisis.....	95
4.4.1 Biaya Pengadaan Barang .....	95



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.4.2 Kebutuhan biaya dan Pemakaian Energi Listrik dari Penggunaan Unit WWTP dengan Metode Modifikasi Elektrolisis.....	97
4.4.3 Total Kebutuhan Biaya untuk pada Proses Modifikasi Elektrolisis .....	99
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	102
5.1 Kesimpulan.....	102
5.2 Saran.....	103
DAFTAR PUSTAKA .....	105
BIODATA MAHASISWA.....	126





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses Elektrolisis Air.....	27
Gambar 2.2 Rumus Struktural N-Methyldiethanolamine (MDEA).....	29
Gambar 2.3 Proses Elektrolisis Air Limbah (MDEA).....	31
Gambar 2.4 Grafik Populasi Bakteri dengan Persediaan Makanan.....	33
Gambar 2.5 Ratio of MLVSS/MLSS.....	37
Gambar 2.6 Kerikil Marmer Putih.....	38
Gambar 2.7 EM Keramik Silinder.....	39
Gambar 2.8 Karbon Aktif Granular.....	40
Gambar 2.9 Polymer Grains.....	40
Gambar 2.10 Synthetic PET Wool Roll.....	41
Gambar 2.11 Dimensi Cartridge Polipropilen.....	42
Gambar 2.12 Pasir Halus.....	42
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	49
Gambar 3.2 Skema Proses Elektrolisis (Tanpa Modifikasi).....	51
Gambar 3.3 Skema Proses Elektrolisis (Modifikasi).....	52
Gambar 3.4 Unit Mini WWTP.....	54
Gambar 3.5 Skema PFD Unit Mini WWTP.....	55
Gambar 3.6 Saringan 325 Mesh.....	55
Gambar 3.7 Ozone Reactor Vessel.....	56
Gambar 3.8 Spesifikasi Ozone Generator.....	58
Gambar 3.9 Aerator.....	59
Gambar 3.10 Pompa Air Listrik.....	60
Gambar 3.11 Electrolysis Reactor Chamber.....	61
Gambar 3.12 Saringan 400 Mesh.....	61
Gambar 3.13 Filter Cartridge GAC.....	62
Gambar 3.14 Filter Cartridge CTO.....	63
Gambar 3.15 Air Limbah Pit Besar.....	63
Gambar 4.1 Grafik Flow Air Limbah Inlet Plant-34 Tahun 2021.....	72
Gambar 4.2 Volume Aeration Basin pada Manual Book Plant-34.....	74



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4.3 Air Limbah Sebelum dan Setelah Penyaringan.....	78
Gambar 4.4 Filtrasi Air Limbah dengan 325 mesh.....	78
Gambar 4.5 Grafik Penurunan Nilai COD pada Proses Ozonisasi .....	80
Gambar 4.6 Eksperimen Elektrolisis Skala Laboratorium.....	82
Gambar 4.7 Grafik Penurunan Nilai COD berdasarkan Variasi Tegangan .....	85
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Kuat Arus (Variasi Tegangan) terhadap Lama Waktu .....	86
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Suhu (Variasi Tegangan) terhadap Lama Waktu .....	87
Gambar 4.10 a) Konfigurasi 3 Pasang Elektrode pada Kuat Arus 1 Ampere; b) Konfigurasi Elektrode 2 Pasang pada Kuat Arus 1 Ampere.....	89
Gambar 4.11 Skema Pengolahan Air Limbah pada Kondisi Operasi Optimum...	90
Gambar 4.12 Hasil Pengolahan Air Limbah Menggunakan Modifikasi Elektrolisis .....	91
Gambar 4.13 Grafik Pengurutan Nilai COD Menggunakan Modifikasi Elektrolisis .....	92

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	10
Tabel 2.2 Karakteristik Limbah Domestik atau Limbah Perkotaan.....	11
Tabel 2.3 Klasifikasi Temperatur dari Proses Biologi.....	12
Tabel 2.4 Potensial Reduksi Standar.....	17
Tabel 2.5 Perbedaan Produk Elektrolisis .....	28
Tabel 2.6 Tipe Bioreaktor dan Nilai F:M kg BOD/kg MLVSS.....	35
Tabel 2.7 COD/BOD <sub>5</sub> Ratio.....	36
Tabel 2.8 Nilai Rugedness (Kekasaran Metode).....	47
Tabel 3.1 Spesifikasi Ozone Reactor Vessel.....	56
Tabel 3.2 Spesifikasi Pompa Air Listrik.....	59
Tabel 3.3 Spesifikasi Electrolysis Reactor Chamber .....	60
Tabel 3.4 Hasil Analisis Kandungan Air Limbah Pit Besar .....	64
Tabel 3.5 Syarat Keberterimaan Analisis Data .....	69
Tabel 4.1 Flow Air Limbah Plant-34 Tahun 2021 .....	70
Tabel 4.2 Nilai Minimum, Maksimum, dan Average Flow Air Limbah Inlet Plant-34.....	72
Tabel 4.3 Nilai MLSS dan MLVSS pada Aeration Basin 34D-10A dan 34D-10B .....	73
Tabel 4.4 Perhitungan Nilai COD pada Inlet Plant-34 berdasarkan Minimum Flow .....	74
Tabel 4.5 Perhitungan Nilai COD pada Inlet Plant-34 berdasarkan Maksimum Flow .....	75
Tabel 4.6 Perhitungan Nilai COD pada Inlet Plant-34 berdasarkan Average Flow .....	75
Tabel 4.7 Batasan Nilai COD Limbah yang Diperbolehkan pada Inlet Plant-34 berdasarkan Flow .....	76
Tabel 4.8 Perhitungan Flow Air Limbah Pit Besar berdasarkan Nilai COD .....	77
Tabel 4.9 Rentang Nilai COD Limbah setelah Disaring dengan 325 Mesh .....	78
Tabel 4.10 Hasil Proses Ozonisasi selama 6 Jam .....	79





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Tabel 4.11 Hasil Elektrolisis Skala Laboratorium 32V .....	82
Tabel 4.12 Hasil Elektrolisis Skala Laboratorium 24V .....	82
Tabel 4.13 Hasil Elektrolisis Skala Laboratorium 16V .....	82
Tabel 4.14 Penurunan nilai COD Proses Elektrolisis .....	83
Tabel 4.15 Pengaruh Konfigurasi Elektrode dan Kuat Arus (1 Ampere) terhadap Suhu dan Nilai COD .....	88
Tabel 4.16 Pengaruh Konfigurasi Elektrode dan Kuat Arus (3 Ampere) terhadap Suhu dan Nilai COD .....	88
Tabel 4.17 Pengaruh Konfigurasi Elektrode dan Kuat Arus (5 Ampere) terhadap Suhu dan Nilai COD .....	88
Tabel 4.18 Presisi, Akurasi, dan Ruggedness .....	93
Tabel 4.19 Anggaran Unit Mini WWTP dengan Modifikasi Elektrolisis .....	95
Tabel 4.20 Biaya Operasional 1.000 L Air Limbah dengan Unit Mini WWTP .	100

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumentasi Analisis Kandungan Air Limbah Pit Besar .....	112
Lampiran 2. Hasil Visual Proses Ozonisasi terhadap Air Limbah Pit Besar .....	114
Lampiran 3. Hasil Visual Proses Elektrolisis terhadap Air Limbah Pit Besar....	115
Lampiran 4. Perbandingan Visual Proses Ozonisasi dan Elektrolisis (5A; 3 Pasang) selama 3 jam .....	117
Lampiran 5. 3D Design Unit Mini WWTP dengan Modifikasi Elektrolisis.....	117
Lampiran 6. Spesifikasi Air Limbah Unit Mini WWTP.....	119
Lampiran 7. Dokumentasi Proses Modifikasi Elektrolisis pada Unit Mini WWTP .....	119
Lampiran 8. Hasil Pembacaan Nilai COD Air Limbah Hasil Pengolahan dengan Unit Mini WWTP Modifikasi Elektrolisis.....	121
Lampiran 9. Uji linearitas .....	123
Lampiran 10. Hasil Penurunan Nilai COD Air Limbah Pit Besar.....	124
Lampiran 11. Spesifikasi Air Limbah Sebelum dan Sesudah Proses Pengolahan dengan Unit Mini WWTP .....	124
Lampiran 12. Biodata Mahasiswa.....	126

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



## DAFTAR ISTILAH

COD	= <i>Chemical Oxygen Demand</i>
BOD <sub>5</sub>	= <i>Biological Oxygen Demand</i>
TSS	= <i>Total Suspended Solid</i>
TDS	= <i>Total Dissolved Solid</i>
aMDEA	= <i>Activated Methlydiethanolamine</i>
TOC	= <i>Total Organic Carbon</i>
MLSS	= <i>Mixed Liquor Suspended Solid</i>
MLVSS	= <i>Mixed Liquor Volatile Suspended Solid</i>
CV Horwitz	= <i>Coefficient Variance Horwitz</i>
CRM	= <i>Certified Reference Material</i>
RSD	= <i>Relative Standar Deviation</i>
WWTP	= <i>Waste Water Treatment Plant</i>
PPLI	= <i>Prasadha Pamunah Limbah Industri</i>
F:M	= <i>Food to Mass/Microorganism</i>

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang terjadi di Indonesia mengalami peningkatan pesat khususnya di daerah-daerah urban atau kota-kota besar. Faktor inilah yang mendorong tingkatan limbah air domestik semakin tinggi [1]. PT Badak NGL menjadi salah satu produsen limbah air yang cukup besar. Kebutuhan air bersih untuk menunjang dan menjaga keseimbangan ekosistem di wilayah sekitar Bontang menjadi perhatian PT Badak NGL dalam pengolahan limbah air. Air limbah domestik jika tidak diolah terlebih dahulu dan langsung dibuang ke lingkungan dapat menimbulkan dampak pencemaran, menurunnya derajat kesehatan, dan meningkatnya biaya pengolahan air minum. Pengolahan limbah cair termasuk air limbah domestik dapat dilakukan dengan beberapa metode antara lain *physical treatment* (filtrasi, distilasi), *chemical treatment* (koagulan,  $H_2O_2$ ), dan *biological treatment* (bakteri anaerob, aerob) [2].

Proses produksi LNG pada Badak LNG secara konsisten selalu memperhatikan aspek *safety*, *health*, dan *environment*. Badak LNG selalu mencoba melakukan tindakan pencegahan agar tidak terjadi pencemaran lingkungan. Salah satu plant yang berfungsi untuk mengumpulkan dan mengolah limbah air adalah Plant-34 (*Sewers and Sewage Treatment*). Pengolahan limbah air pada plant ini menggunakan senyawa basin berupa lumpur aktif (*biological treatment*) sebelum dibuang ke perairan lepas.

Limbah air yang dihasilkan selama proses produksi berlangsung ada yang dialirkan langsung menuju Plant – 34 dan ada yang ditampung di Pit Besar TPS B3 Area 9. Pit besar merupakan tempat penampungan limbah air yang umumnya berasal dari cucian *vessel* 1C – 2 dan 1C – 5 dengan ukuran  $1.200\text{ m}^3$ . Jumlah limbah air yang terdapat di dalam Pit Besar mencapai lebih dari  $850\text{ m}^3$  dan bertambah setiap harinya, sehingga setiap tiga bulan sekali, limbah air pit besar dikirimkan ke pihak ketiga (PPLI Bontang) untuk diolah lebih lanjut karena PT



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Badak NGL tidak memiliki wewenang untuk mengolah limbah air tersebut. Pengiriman yang dilakukan membutuhkan biaya sebesar Rp 5.500.000,00/ton. Hal ini menjadi fokus permasalahan dan tantangan bagi *Laboratory and Environment Control Section* Badak LNG untuk mengurangi anggaran perusahaan dalam mengolah limbah air pit besar.

Limbah Pit Besar yang dialirkan menuju Plant – 34 tidak memenuhi spesifikasi *inlet* sehingga perlu adanya perlakuan terlebih dahulu. Limbah air ini mengandung senyawa organik, salah satunya aMDEA yang stabil sehingga sulit didegradasi. Kandungan aMDEA inilah yang menyebabkan limbah air Pit Besar memiliki nilai COD yang tinggi sehingga tidak memenuhi baku mutu air yang dapat dibuang ke perairan bebas. Beberapa metode untuk penurunan nilai COD dapat dilakukan seperti distilasi dan penggunaan koagulan beserta penambahan senyawa kimia hidrogen peroksida [3]. Dalam percobaan skala laboratorium menggunakan metode distilasi, penurunan kadar COD yang didapatkan cukup signifikan tetapi dinilai tidak ekonomis sebab membutuhkan energi yang cukup besar. Selama percobaan juga ditemui beberapa kendala pada proses pemanasan [4]. Hal ini disebabkan sumber panas yang tidak tersirkulasikan secara merata sehingga menyebabkan beberapa masalah. Sedangkan untuk metode penggunaan koagulan dan penambahan hidrogen peroksida tidak berhasil menurunkan nilai COD hingga spesifikasi yang telah ditentukan.

Proses ozonisasi sebagai salah satu alternatif yang dapat dilakukan dalam proses degradasi senyawa organik dalam air limbah. Berdasarkan studi yang dilakukan,  $O_3/H_2O_2$  *Advanced Oxidation Processes* merupakan metode yang efektif untuk diimplementasikan untuk pengolahan air limbah [5]. Pada konsentrasi hidrogen peroksida yang rendah ( $10^{-5}$  hingga  $10^{-4}$  M), ozon akan terurai dengan cepat di dalam air sehingga konsentrasi dari radikal hidroksil akan meningkat. Radikal hidroksil inilah yang berperan dalam memutus rantai senyawa organik pada air limbah.

Elektrolisis menjadi salah satu opsi metode pengolahan air limbah karena selama proses elektrokimia berlangsung tidak menggunakan bahan kimia, sehingga tidak perlu dilakukan penetralan terhadap pemakaian bahan kimia

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

berlebih (*excess chemical*). Selain itu, kemungkinan terbentuknya polutan baru (*secondary pollutant*) sangat kecil [6]. Banyak industri tekstil yang mengolah limbah cairnya melalui metode elektrolisis [7]. Triavia dkk. [7] menggunakan elektrode  $PbO_2$  untuk mengolah limbah air pewarnaan batik. Peneliti mengungkapkan kepekatan warna limbah dapat berkurang, diikuti dengan penurunan total padatan kekeruhan (TSS), total padatan terlarut (TDS) dan kekeruhan (TSS) dengan persentase secara berturut-turut 97,98%, 99,7%, dan 90,2%.

Elektrolisis (bioelektrokimia) juga merupakan cara baru yang secara efektif memproduksi hidrogen dari biomassa, dengan mengubah asetat menjadi gas hidrogen [8]. Produksi hidrogen ini bertujuan untuk meningkatkan produksi metana. Metode ini dipilih karena pada proses elektrolisis ion-ion logam akan melekat pada permukaan elektrode, sedangkan senyawa organik lainnya akan mengurangi atau menghilangkan toksisitasnya [9]. Produk yang dihasilkan oleh proses elektrolisis sangat bergantung pada karakteristik elektrolit dan sumber listrik yang digunakan pada sistem.

Kandungan pada elektrolit yang dihasilkan oleh elektrolisis bergantung pada kandungan awalnya. Pada larutan dengan salinitas tinggi dihasilkan elektrolit berupa basa. Sedangkan pada larutan dengan salinitas rendah, dapat dihasilkan hipoklorit [10].

Penggunaan elektrode aluminium (Al) dan tembaga (Cu) sebagai anode dan katode dapat menurunkan nilai COD dan BOD hingga 94,01% dan 97,3% [11]. Penguraian senyawa organik dengan metode elektrolisis dapat terjadi melalui penguraian oleh agen pengurai berupa radikal hidroksi  $[OH^*]$  dan oksida logam  $[MO]$ . Dalam sel elektrolisis air dapat bereaksi dengan elektrode logam menghasilkan  $M[OH^*]$ . Selanjutnya  $M[OH^*]$  akan mengurai zat pencemar (R) melalui reaksi oksidasi [12]. Terbentuknya radikal hidroksi  $M[OH^*]$  memungkinkan terjadinya mekanisme lain. Radikal hidroksi tersebut dapat bertindak sebagai agen koagulan. Agen ini kemudian mengikat senyawa organik, padatan terlarut dan ion logam dalam limbah membentuk lumpur yang mengendap atau mengambang. Mekanisme ini dapat terjadi pada penggunaan

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

elektrode besi dan aluminium yang membentuk  $Fe[OH^*]$  dan  $Al[OH^*]$ . Fenomena inilah yang kemudian memunculkan istilah elektrokoagulasi [13]

Berdasarkan beberapa hal di atas untuk mengatasi permasalahan *Laboratory and Environment Control Section* Badak LNG, pengolahan limbah air Pit Besar dapat dilakukan menggunakan metode modifikasi elektrolisis yang dinilai efektif untuk mendegradasi senyawa organik di dalam limbah. Metode modifikasi elektrolisis yang digunakan pada pengolahan air limbah dalam penelitian ini adalah *pre-treatment* air limbah dengan menggunakan saringan 325 *mesh*, dilanjutkan dengan proses ozonisasi, kemudian proses elektrolisis, dan filtrasi menggunakan variasi *activated carbon*. Oleh karena itu di dalam penelitian ini dilakukan perancangan desain proses, pemilihan material, dan optimasi parameter operasi unit pengolahan limbah air Pit besar untuk mendapatkan nilai *capital* dan *operating expenditure* yang efisien. Parameter yang divariasikan meliputi konfigurasi pelat elektrode, *optimum time* proses elektrolisis, kuat arus DC, dan *optimum time* ozonisasi.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana analisis parameter operasi optimum metode modifikasi elektrolisis skala laboratorium yang akan diimplementasikan pada unit *Mini Waste Water Treatment Plant* Pit Besar TPS B3 PT Badak NGL untuk menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand* yang memenuhi standar *safety process*?
2. Bagaimana hasil uji kinerja unit *Mini Waste Water Treatment Plant* dengan metode modifikasi elektrolisis pada proses pengolahan limbah air Pit Besar TPS B3 PT Badak NGL?
3. Bagaimana total kebutuhan biaya untuk unit *Mini Waste Water Treatment Plant* Pit Besar TPS B3 PT Badak NGL?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 1) Mendapatkan parameter operasi optimum metode modifikasi elektrolisis skala laboratorium yang akan diimplementasikan pada unit *Mini Waste Water Treatment Plant* Pit Besar TPS B3 PT Badak NGL untuk menurunkan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* yang memenuhi standar *safety process*.
- 2) Mendapatkan hasil uji kinerja unit *Mini Waste Water Treatment Plant* dengan metode modifikasi elektrolisis pada proses pengolahan limbah air Pit Besar TPS B3 PT Badak NGL.
- 3) Mendapatkan total kebutuhan biaya untuk unit *Mini Waste Water Treatment Plant* Pit Besar TPS B3 PT Badak NGL.

#### 1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

- 1) Mendesain proses unit *Mini Waste Water Treatment Plant* untuk menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand* limbah air Pit Besar PT Badak NGL dengan metode modifikasi elektrolisis.
- 2) Mengolah limbah air Pit Besar agar memenuhi spesifikasi inlet Plant – 34.
- 3) Pelaksanaan uji coba dan penentuan parameter operasi optimum dilaksanakan melalui skala laboratorium dengan air limbah sebanyak 1L.
- 4) Total kebutuhan biaya meliputi biaya pengadaan barang dan biaya operasional pengolahan 1.000 L air limbah.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

➤ Bagi Penulis:

- 1) Sebagai syarat untuk memenuhi penyusunan Tugas Akhir guna mendapatkan gelar Diploma III dari Program Studi Teknik Konversi Energi di Politeknik Negeri Jakarta.
- 2) Menambah pengalaman dan keterampilan dalam merancang bangun suatu alat industri.





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- 3) Dapat mengimplementasikan pengetahuan yang telah diperoleh selama masa perkuliahan dengan mempraktikkannya secara nyata.
  - Bagi LNG Academy dan Politeknik Negeri Jakarta:
 

Sebagai media pembelajaran dan penelitian unit elektrolisis untuk menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand* limbah air.
  - Bagi Badak LNG:
    - 1) Menghasilkan unit sederhana pengolahan limbah air Pit Besar agar dapat dikirim langsung ke Plant – 34 WWTP.
    - 2) Berkontribusi dalam program lingkungan (PROPER) Badak LNG.
    - 3) Mengurangi anggaran perusahaan dalam pengolahan limbah B3 yang dikirim kepada pihak ketiga (PPLI Bontang).

## 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini merujuk pada “Buku Pedoman Penulisan Tugas Akhir Tahun 2020” yang diterbitkan oleh Politeknik Negeri Jakarta.

### **BAB I PENDAHULUAN**

Pada bab ini, penyusun laporan menguraikan latar belakang pemilihan topik, tujuan umum dan khusus, ruang lingkup penelitian dan batasan masalah, manfaat yang akan didapat, metode penelitian, dan sistematika penulisan keseluruhan laporan tugas akhir.

### **BAB II STUDI PUSTAKA**

Studi Pustaka/Tinjauan Pustaka berisi sumber bacaan atau literatur, memaparkan rangkuman kritis atas pustaka yang menunjang penyusunan atau penelitian, meliputi pembahasan tentang topik yang dikaji dalam tugas akhir.

### **BAB III METODE PENELITIAN**

Penyusun laporan menguraikan tentang metodologi, yaitu metode yang digunakan untuk menyelesaikan masalah atau penelitian, meliputi prosedur, pengambilan sampel dan pengumpulan data, pengumpulan data, teknik analisis data atau teknis perancangan.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini terdapat hasil dan analisis data, perhitungan–perhitungan aktual yang diperoleh dari analisis, serta interpretasi dan pembahasan hasil perhitungan.

### **BAB V KESIMPULAN**

Pada bab ini memaparkan kesimpulan dari seluruh analisis data dan pembahasan hasil perhitungan/penelitian. Isi kesimpulan akan menjawab permasalahan dan tujuan yang telah ditetapkan dalam tugas akhir disertai saran – saran atau opini yang berkaitan dengan tugas akhir.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

#### **Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

- Parameter operasi optimum pada masing-masing proses modifikasi elektrolisis adalah sebagai berikut *pre-treatment* air limbah dengan melakukan penyaringan air limbah menggunakan saringan 325 mesh, kemudian air limbah diozonisasi selama 3 jam, lalu air limbah dielektrolisis dengan konfigurasi 3 pasang elektrode menggunakan jenis anode aluminium dan katode tembaga pada kuat arus 5 Ampere selama 3 jam, selanjutnya air limbah disaring dengan saringan 400 mesh, dan air limbah difiltrasi menggunakan variasi karbon aktif berupa *Granular Activated Carbon* dan *Chlorine, Odor, Taste Filter*. Nilai COD dapat diatasi dengan menggunakan metode modifikasi elektrolisis tersebut. Dari proses yang dilakukan menunjukkan penurunan yang signifikan. Konsentrasi awal nilai COD yang diperoleh adalah 64.350 mg/L setelah diolah menggunakan metode modifikasi elektrolisis konsentrasi turun hingga 647,3333 mg/L. Persentase penurunan nilai COD yang terjadi adalah 98,99%.
- Hasil kinerja unit Mini WWTP didapatkan nilai presisi yaitu %RSD sebesar 0,82 dan 0,81 yang lebih rendah daripada nilai 2/3 KV Horwitz sebesar 3,02 dan 3,02, dimana nilai-nilai tersebut telah memenuhi syarat keberterimaan, yaitu %RSD < 2/3 KV Horwitz. Setelah itu, dilakukan analisis nilai CRM terhadap nilai COD 500 mg/L dengan rentang pembacaan 490 – 510 mg/L dan didapatkan hasil yang menunjukkan nilai yang masih berada pada rentang pembacaan tersebut, sehingga akurasi dapat diterima. Terakhir, dengan menggunakan rumus yang telah ditentukan sebelumnya, bisa didapatkan nilai ruggedness dengan 2 parameter, yaitu %RSD sebesar 0,82 lebih rendah dari 0,5 KV Horwitz sebesar 3,0192 dan nilai Z-Score sebesar -0,14 berada di bawah nilai 2



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan di atas nilai -2 sebagai syarat keberterimaan. Sehingga, dapat disimpulkan bahwa presisi, akurasi, dan *ruggedness* dapat diterima.

- Biaya perancangan dan fabrikasi unit Mini *Waste Water Treatment Plant* dengan metode modifikasi elektrolisis menghabiskan dana sebesar Rp 3.611.514,00 dan biaya operasional untuk mengolah 1.000 L air limbah Pit Besar adalah sebesar Rp 530.852,00.

## 5.2 Saran

Dari kegiatan yang sudah dilaksanakan, penulis sadar masih terdapat beberapa kekurangan. Disisi lain, terdapat beberapa saran yang kami terima dari pembimbing lapangan. Beberapa saran tersebut yaitu:

- Spesifikasi *ozone generator* yang digunakan dalam proses pengolahan limbah sebaiknya ditingkatkan agar *supply flowrate* ozon yang diberikan lebih besar sehingga ozon yang tersedia untuk mendegradasi senyawa organik semakin banyak. Begitu pula dengan spesifikasi *power supply* yang diharapkan semakin besar agar mampu menghasilkan kuat arus yang lebih besar sehingga reaksi oksidasi dan reduksi (redoks) yang terjadi di dalam reaktor elektrolisis semakin cepat terjadi. Reaksi redoks yang berlangsung secara cepat menyebabkan senyawa organik yang terdegradasi semakin banyak.
- Diperlukan adanya *automatic control* berupa PID terhadap nilai kuat arus dalam *power supply* yang fluktuatif, sehingga kuat arus yang dihasilkan dapat lebih stabil dan tidak memerlukan *control power supply* secara manual.
- Spesifikasi *ozon reactor vessel* dan *electrolysis reactor chamber* yang berukuran kecil dapat ditingkatkan supaya volume air limbah yang dapat diolah dapat bertambah.

- Penelitian lebih lanjut mengenai senyawa organik dalam air limbah dapat dianalisis parameter lebih lanjut seperti minyak dan lemak, *Total Suspended Solid*, *BOD<sub>5</sub>*, dan *Total Organic Carbon* sebagai parameter uji, dikarenakan parameter ini sebelumnya tidak dilakukan pada penelitian ini.



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Supradata, Pengolahan Limbah Domestik Menggunakan Tanaman Hias *Cyperus alternifolius*, L. dalam Sistem Lahan Basah Buatan Aliran Bawah Permukaan (SSF-Wetlands), Semarang: Master Thesis: Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, 2005.
- [2] Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Pedoman Pengelolaan Air Limbah Perkotaan, Jakarta: Direktorat Jenderal Tata Perkotaan dan Tata Pedesaan, 2003.
- [3] P. Ghosh, A. N. Samanta and S. Ray, COD REDUCTION OF PETROCHEMICAL INDUSTRY WASTEWATER USING FENTON'S OXIDATION, India: Indian Institute of Technology, 2009.
- [4] Y. Febriani, Distilasi Membran Dalam Pengolahan Air Dan Limbah, Bandung: Bandung Institute of Technology, 2015.
- [5] S. C. Ameta and R. Ameta, ADVANCED OXIDATION PROCESSES FOR WASTEWATER TREATMENT, India: Candice Janco, 2018.
- [6] Y. Avsar, "Comparison of Classical Chemical and Electrochemical Processes for Treating Rose Processing Wastewater," *Journal of Hazardous Materials*, 2007, pp. 341-342, 343.
- [7] I. Triavia, D. Widodo and A. Haris, "Elektrodekolorisasi Limbah Cair Zat Warna Batik di Kota Solo dengan Elektroda  $PbO_2/Cu$ ," *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, pp. 11-14, 2016.
- [8] S. G. B. E. L. H. Liu, "Electrochemically Assisted Microbial Production of Hydrogen from Acetate," *Environ Sci Technol* 39 : 4317-20, 2005.

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [9] P. M. A. G. M. K. J. P. D. L. C. M. Y. A Mollah, Fundamentals, Present and Future Perspectives of Electrocoagulation, *Journal of Hazard*, 2004.
- [10] M. K. H.K. Abdel-AAL. K.M. Zohdy, Hydrogen Production Using Sea Water Electrolysis., *The Open Fuel Cells Journal* Vol. 3, 01-07, 2010.
- [11] N. Fauzi, K. Udayani, D. Zuchrillah and F. Hasanah, Penggunaan Metode Elektrokoagulasi Menggunakan Elektroda Aluminium dan Besi pada Pengolahan Air Limbah Batik, Malang: Institut Teknologi Nasional Malang, 2019.
- [12] M. Sala and C. G. Bouzan, "Electrochemical Techniques in Textile Processes and Wastewater Treatment," *International Journal of Photoenergy*, pp. 1-12, 2012.
- [13] Y. A. El-Taweel, I. Elkheriany and D. Sayed, "Removal of Cr(VI) Ions from Waste Water by Electrocoagulation Using Iron Electrode," *Egyptian Journal of Petroleum*, pp. 183-192.
- [14] Roestam, R. J. Kodoatie and Sjarief, *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Yogyakarta, 2005.
- [15] J. F. Gabriel, *Fisika Lingkungan*, Jakarta, 2001.
- [16] Sugiarto, *Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah*, Jakarta: UI, 2008.
- [17] S. Notoatmodjo, *Kesehatan Masyarakat Ilmu dan Seni*, Jakarta: PT Rineka Cipta, 2007.
- [18] K. L. H. d. Kehutanan, PERMEN LHK No. 68 Tahun 2016, Jakarta, 2016.
- [19] Tjokrokusumo, *Pengantar Engineering Lingkungan Jilid 1*, Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknik Lingkungan YLH, 1999.
- [20] D. Mara, *Sewage Treatment in hot Climate, USA: A wiley Interscience*



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Publication, 1978.

- [21] M. Eddy, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. 4th Edition, New York: McGraw - Hill, 2003.
- [22] R. Intan, Performa Reaktor Down-Flow Hanging Sponge(DHS) dalam Mengolah Air Limbah Domestik di Jakarta, Depok: Universitas Indonesia, 2012.
- [23] World Health Organization, Total Dissolved Solids in Drinking-Water, Guidline For Drinking-Water Quality, 2nd ed., Geneva: WHO, 1996.
- [24] C. N. Sawyer, Chemistry For Chemical Engineering and Engineering Science, New York: McGraw, 2003.
- [25] Fondriest Environmental Inc., "pH of Water," 2014. [Online]. Available: <http://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/conductivity-salinity-tds/>.
- [26] P. G. B. d. J. Barry, "Rising Acidity in the Ocean: The Other CO2 Problem.," 2008. [Online]. Available: <https://www.scientificamerican.com/article/rising-acidity-in-the-ocean/>.
- [27] Sugiharto, Dasar-dasar Pengolahan Air Limbah, Jakarta: Universitas Indonesia, 1997.
- [28] M. J. Hammer and M. J. H. Jr., Water and Waste Water Technology (6th Edition), New Jersey: Perason Prantice Hall, 2008.
- [29] J. M. Willey, L. M. Sherwood and C. Woolverton, Prescott, Harley, Klein's Microbiology, New York: McGraw-Hill, 2008.
- [30] H. Rivai, Asas Pemeriksaan Kimia, Jakarta: UI-Press, 1995.
- [31] M. J. Murry and C. F. Robert, Chemistry, New Jersey: USA: Pentice Hall,





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2001.

- [32] V. Ferry, OZONASI FOTOKATALITIK UNTUK PENGOLAHAN AIR DAN AIR LIMBAH, Bandung: Institut Teknologi Bandung, 2017.
- [33] D. A. Skoog, D. M. West and F. J. Holler, Principle of Instrumental Analysis, 6th Ed, Philadelpia: Saunders Collage Pub., 1993.
- [34] C. Elicker, Filho, Sances and K. R. L. Castagno, Electroremediation of Heavy Metals In Sewage Sludge., Brazil: Brazilian Journal of Chemical Engineering Vol. 31, 2014.
- [35] R. J. D. Tilley, Understanding Solids: The Science of Materials, 2nd Edition, USA: John Wiley and Sons, 2013.
- [36] M. H. Syaifuddin, PERANCANGAN PROSES DAN OPTIMASI PARAMETER OPERASI PADA OXY-HYDROGEN GENERATOR TIPE DRY CELL TERHADAP LAJU PRODUKSI GAS DAN EFISIENSI GENERATOR MENGGUNAKAN METODE TAGUCHI, Depok: Politeknik Negeri Jakarta, 2021.
- [37] S. Balagopal, Malhotra, Vinod, Pendleton, Justin and d. Reid, Electrolytic Process to Produce Sodium Hypohlorite Using Sodium Ion Conductive Ceramic Membranes., United States: US Patent, 2006.
- [38] H. K. Abdel-Aal, K. M. Zohdy, M. Kareem and Abdel, Hydrogen Production Using Sea Water Electrolysis., The Open Fuel Cells Journal Vol. 3, 01-07, 2010.
- [39] Y. T. Lie, D. Yue, B. Wang and H. Y. Ren, Degradation of MDEA in Aqueos Solution in the Thermally Activated Persulfate System, China: Environ. Technol.
- [40] Z. Wang, D. Luo and L. Liu, Natural Gas Utilization in China: Development



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Trends and Prospects, China: Energy Rep. 4, 2018.

- [41] D. Wang, P. Tian, D. Fan, M. Yang and B. Gao, N-Methyldietanolamine: A Multifunctional Structure-Directing Agent for The Synthesis of SAPO and AIPO Molecular Sieves, *J. Colloid Interface Sci.*, 2015.
- [42] M. Furrhacker, A. Pressl and R. Allabashi, Aerobic Biodegradability of Methyldietanolamine (MDEA) Used in Natural Gas Sweetening Plants in Batch Tests and Continuous Flow Experiments, *Chemosphere*, 2003.
- [43] A. Chakma and A. Meisen, Methyldietanolamine Degradation Mechanism and Kinetics, *J. Chem. Eng.*, 2010.
- [44] H. Y. M. Qi and L. Zhang, Degradation of Nitrobenzene By Synchronistic Oxidation and Reduction in An Internal Circulation Microelectrolysis Reactor, China: *J. Hazard Mater*, 2019.
- [45] L. Zhang, Q. Yue, K. Yang, P. Zhao and B. Gao, Enhanced Phosphorus and Ciprofloxacin Removal in A Modified BAF System by Configurig Fe-C Microelectrolysis Investigation on Pollutants Removal and Degradation Mechanisms, China: *J. Hazard Mater*, 2018.
- [46] R. Abdullah, PROSES ELEKTROLISIS PADA ALUMINIUM (HALL-HEROULT), Gorontalo: Universitas Negeri Gorontalo.
- [47] H. Cheng, W. Xu, J. Liu, H. Wang, Y. He and G. Chen, Pretreatment of Wastewater from Triazine Manufacturing by Coagulation, Electrolysis, and Internal Microelektrolysis, China: *J. Hazard Mater*, 2007.
- [48] I. Hussain, M. Li, Y. Zhang, Y. Li, S. Huang, X. Du, G. Liu, W. Hayat and N. Anwar, Insights Into The Mechanism of Persulfate Activation with nZVI/BC Nanocomposite for The Degradation of Nonylphenol, *Chem. Eng. J.*, 2017.



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- [49] M. Henze, M. C. M. v. Loosdrecht, G. A. Ekama and D. Brdjanovic, Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design., 2011.
- [50] M. Henze, Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design, Denmark: Water Intelligence Online, 2008.
- [51] S. Evangelista, G. Viccione and O. Siani, A new cost effective, long life and low resistance filter cartridge for water, Italy: Università di Cassino e del Lazio Meridionale, 2018.
- [52] P. Riyanto, VALIDASI & VERIFIKASI METODE UJI: Sesuai dengan ISO/IEC 17025 Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi, Yogyakarta: Deepublish, Juni 2014.
- [53] Harmita, "Petunjuk Pelaksanaan Validasi Metode dan Cara Perhitungannya.," *J. Depfar FMIPA*, pp. 117-135, 2004.
- [54] S. A. M. M. C. Dr. Meiryani, "MEMAHAMI NILAI MEAN (RATA-RATA) DALAM PENELITIAN ILMIAH," 12th August 2021. [Online]. Available: <https://accounting.binus.ac.id/2021/08/12/memahami-nilai-mean-rata-rata-dalam-penelitian-ilmiah/>. [Accessed 25th August 2022].
- [55] A. Rezagama, STUDI OZONISASI SENYAWA ORGANIK AIR LINDI TEMPAT PEMROSESAN AKHIR SARIMUKTI, Semarang: Universitas Diponegoro, 2013.
- [56] Beltran and J. Fernando, Ozone reaction kinetics for water and wastewater system, Florida: Lewis Publishers, 2004.
- [57] E. Chatzisyneon, N. P. Xekoukoulotakis, A. Coz, N. Kalogerakis and D. Mantzavinos, Electrochemical treatment of textile dyes and dyehouse effluents, ELSEVIER, 2021.
- [58] D. Topayung, PENGARUH ARUS LISTRIK DAN WAKTU PROSES TERHADAP KETEBALAN DAN MASSA LAPISAN YANG

TERBENTUK PADA PROSES ELEKTROPLATING PELAT BAJ,  
Manado: Program Studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Manado, 2011.

[59] Fitriyanti, PENGARUH LUAS PERMUKAAN ELEKTRODA DENGAN  
PENAMBAHAN PWM CONTROLLER TERHADAP EFISIENSI  
PRODUKSI GAS HIDROGEN PADA PROSES ELEKTROLISIS,  
Makassar: Universitas Negeri Alauddin Makassar, 2021.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Dokumentasi Analisis Kandungan Air Limbah Pit Besar



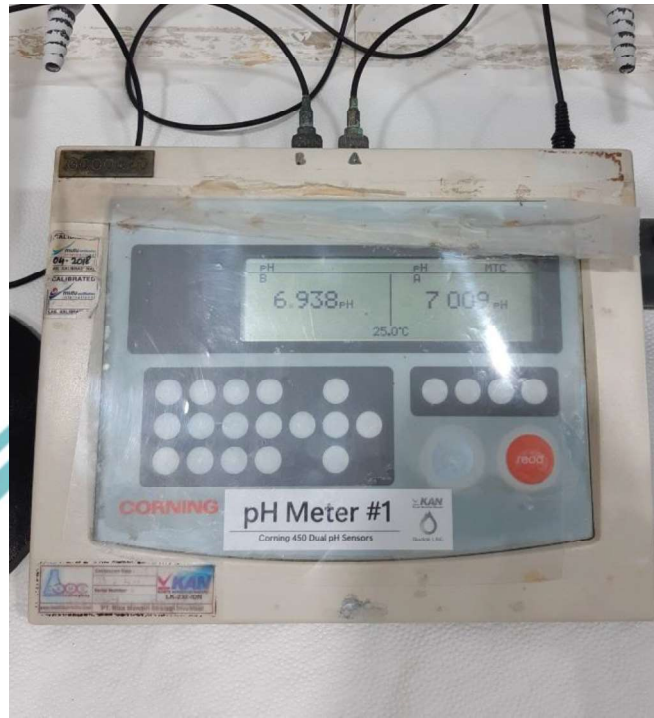
Gambar 1. Analisis Klorin



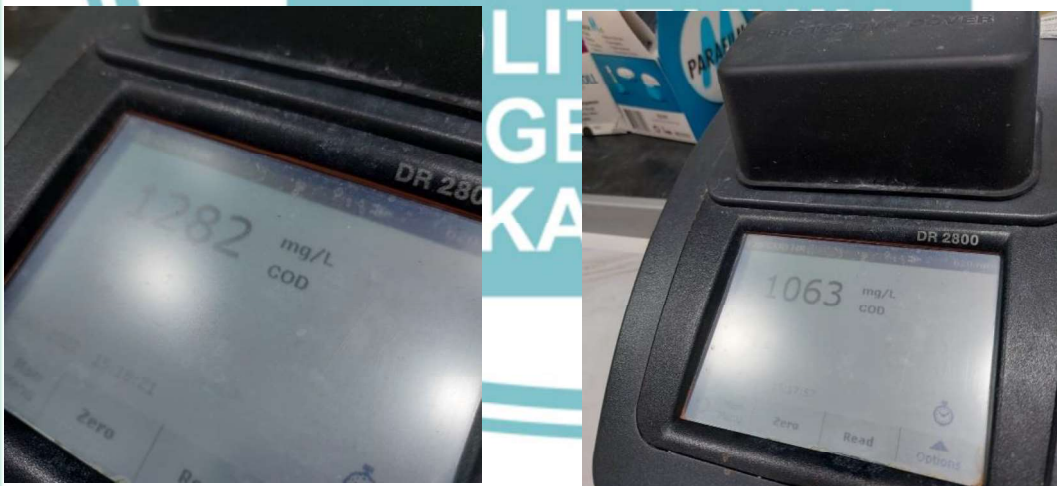
U Tube	Sample Labels	Fe 248.3 mg/L	Ni 233.0 mg/L	Abs
1	Sample 001	1.990	4.944	0.02
2	Sample 002	0.108	0.184	0.01
3	Sample 003	2.324	0.147	0.01
4	Sample 004	2.358	0.156	0.01
5	Sample 005	2.303	0.152	0.00
6	Sample 006	2.332	0.155	0.00
7	Sample 007			0.00
8	Sample 008			0.00
9	Sample 009			0.00
10	Sample 010			0.00
11	Sample 011			0.00
12	Sample 012			0.00
13	Sample 013			0.00
14	Sample 014			0.00
15	Sample 015			0.00
16	Sample 016			0.00
17	Sample 017			0.00

Calibration Mode: Concentration, Measurement Mode:   
 Precision Standard: 1.0 %, Precision Sample: 1.0 %

Gambar 2. Analisis Logam dengan UV-Vis Spectrophotometer (Fe, Ni, dan Al)



Gambar 3. Analisis pH



Gambar 4. Analisis COD

## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

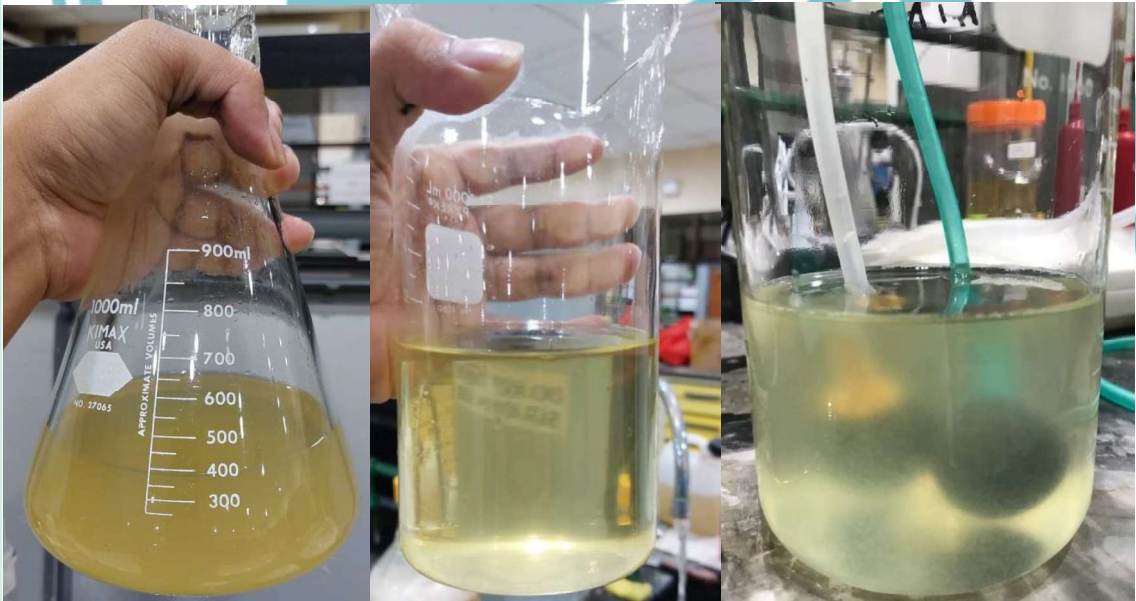
### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 5 Analisis Sulfide

## Lampiran 2. Hasil Visual Proses Ozonisasi terhadap Air Limbah Pit Besar



Gambar 6. Hasil Proses Ozonisasi (1, 3, dan 6 Jam)



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3. Hasil Visual Proses Elektrolisis terhadap Air Limbah Pit Besar



Gambar 7. Hasil Proses Elektrolisis 16 Volt; 1 Pasang Elektroda (1, 3, 6 Jam)



Gambar 8. Hasil Proses Elektrolisis 24 Volt; 1 Pasang Elektroda (1, 3, 6 Jam)





## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 9. Hasil Proses Elektrolisis 32 Volt; 1 Pasang Elektroda (1, 3, 6 Jam)



Gambar 10. Hasil Proses Elektrolisis 5 Amperet; 3 Pasang Elektroda (1, 3, 6 Jam)



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

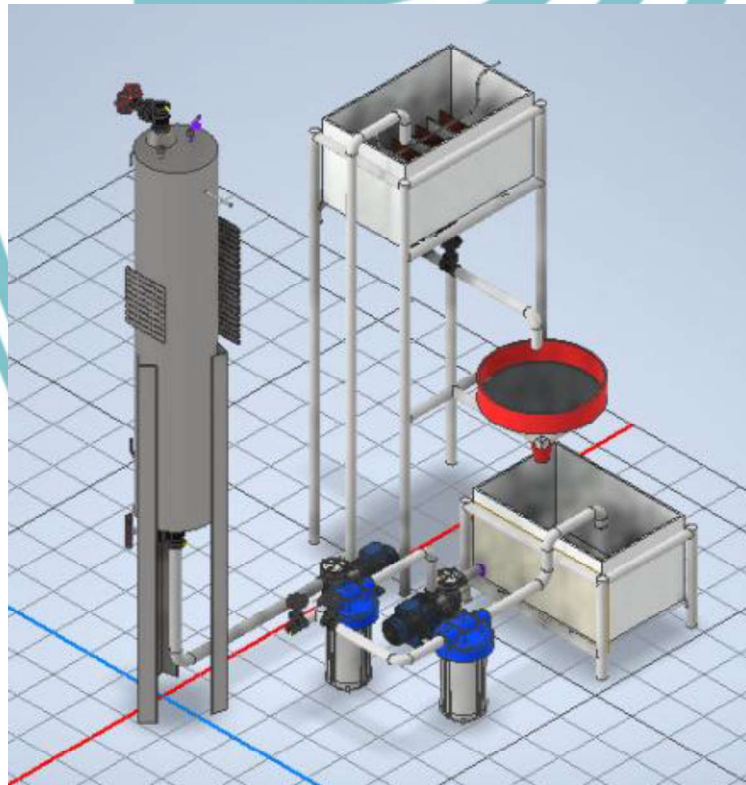
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4. Perbandingan Visual Proses Ozonisasi dan Elektrolisis (5A; 3 Pasang) selama 3 jam



Lampiran 5. 3D Design Unit Mini WWTP dengan Modifikasi Elektrolisis



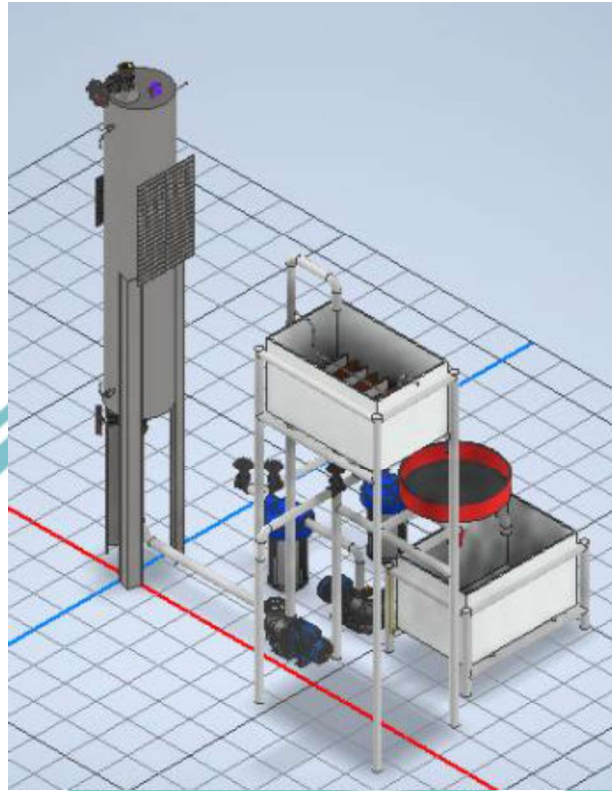
Gambar 11. Unit Mini WWTP (3D Design)



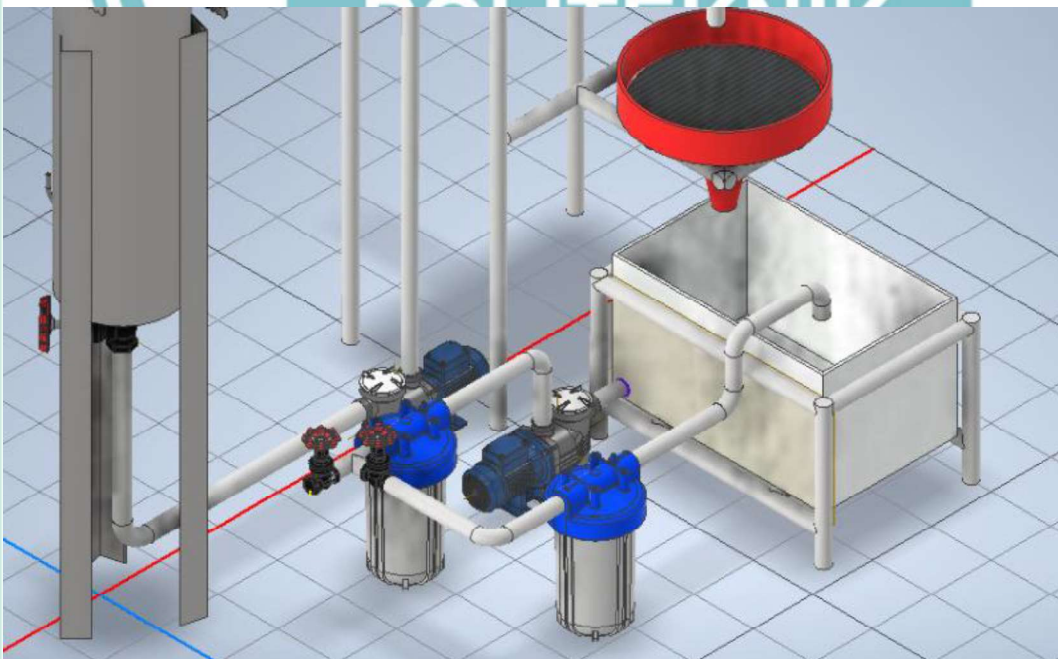
## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 12. Unit Mini WWT (3D-Design) - Tampak Samping

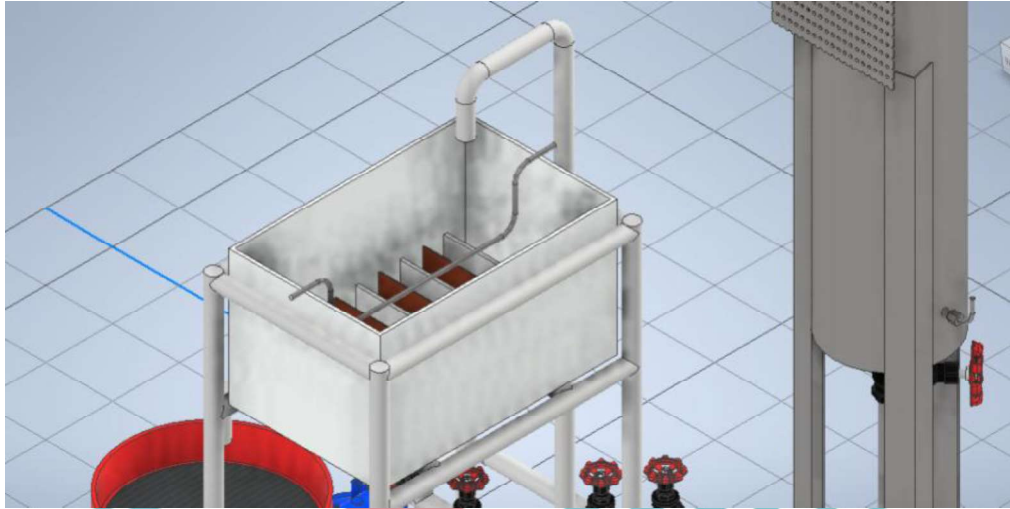


Gambar 13. 400 Mesh & Filter 3D Design



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 14. *Electrolysis Reactor Chamber (3D-Design)*

Lampiran 6. Spesifikasi Air Limbah Unit Mini WWTP

Air limbah yang digunakan dalam proses pengolahan menggunakan unit Mini WWTP dengan modifikasi elektrolisis adalah sebanyak 5 liter dan spesifikasi standar output air yang dihasilkan ditunjukkan tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Standar Output Air yang Diolah pada Unit Mini WWTP

Parameter Uji	Satuan	Metode Uji	Nilai Maksimum	Hasil Pengujian Air Limbah Pit Besar
pH	-	SNI-06-6989.11-2004	6-9	7,25
Temperatur	°C	SNI-06-6989.23-2005	40	36
Klorin Bebas (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	SNI 06-4824-1998	1	0,02
Sulfida (H <sub>2</sub> S)	mg/L	SNI 6989.70-2009	0,1	0,078
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	mg/L	SNI 6989.2-2019	300	643,33
Raksa (Hg)	mg/L	SNI 6989.78-2019	0,005	0,00002
Besi (Fe)	mg/L	SNI 6989.4-2009	10	0,28



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Nikel (Ni)	mg/L	SNI 6989.18-2009	20	0,7
------------	------	------------------	----	-----

Lampiran 7. Dokumentasi Proses Modifikasi Elektrolisis pada Unit Mini WWTP



Gambar 15. Proses Ozonisasi di dalam *Ozone Reactor Vessel*



Gambar 18. Proses Elektrolisis pada *Electrolysis Reactor Chamber*



Gambar 17. Proses Filtrasi Menggunakan GAC dan CTO Filter



Gambar 16 Hasil Akhir Pengolahan Air Limbah dengan Unit Mini WWTP



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 8. Hasil Pembacaan Nilai COD Air Limbah Hasil Pengolahan dengan Unit Mini WWTP Modifikasi Elektrolisis



Gambar 19. Hasil Pembacaan Nilai COD Analisis 1



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Gambar 20. Hasil Pembacaan Nilai COD Analisis 2



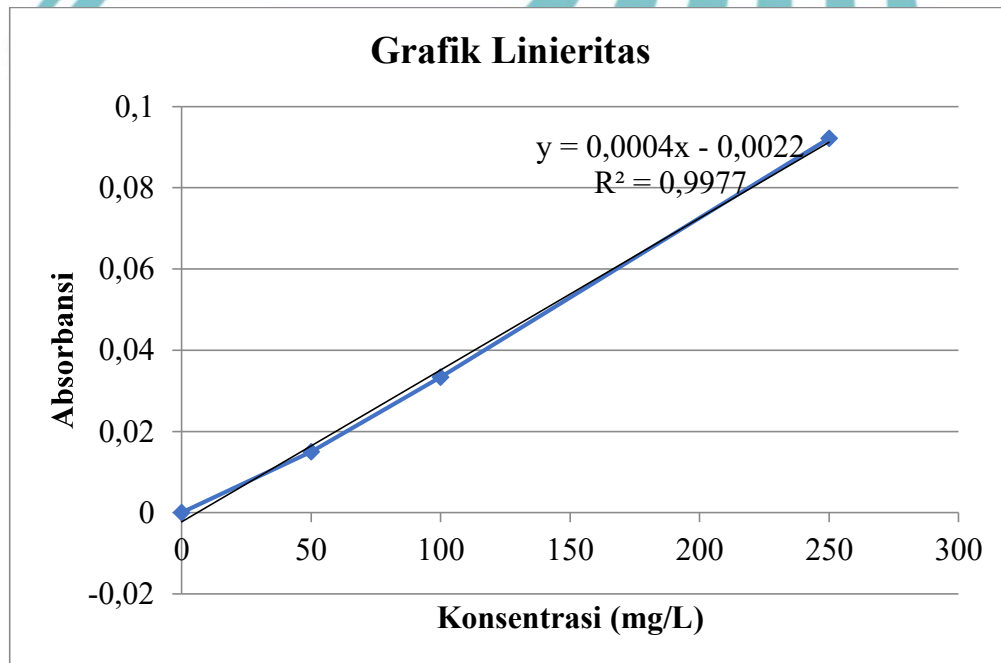
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 9. Uji linearitas

Tabel 2. Konsentrasi Larutan Standar terhadap Hasil Nilai Absorbansi

Konsentrasi Larutan Standar (mg/L)	Absorbansi
0	0
50	0,015
100	0,0334
250	0,0922



Gambar 21. Grafik Linieritas Nilai Absorbansi terhadap Konsentrasi Larutan Standar

Dari Gambar 17 tersebut, dapat terlihat bahwa titik-titik temu antara konsentrasi dan absorbansi membentuk sebuah garis linier yang memiliki nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,9977 dimana telah melebihi batas keberterimaan sebesar 0,995, sehingga dapat disimpulkan bahwa linieritas diterima. Selain itu, didapatkan juga persamaan garis regresi, yaitu:

$$y = 0,0004x - 0,0022$$





Lampiran 10. Hasil Penurunan Nilai COD Air Limbah Pit Besar.

Tabel 3. Penurunan Nilai COD Menggunakan Modifikasi Elektrolisis

Treatment	Limbah Air Tanpa Treatment	Limbah Air Disaring Dengan 325 Mesh	Ozonisasi 3 Jam	Elektrolisis (3 Pasang, 5 Ampere, 3 Jam) + Saringan 400 Mesh	Filtrasi (Activated Carbon)
Nilai COD (mg/L)	63.950	27.900	5.150	3.000	645
	64.250	28.150	5.300	2.900	647
	64.850	28.050	4.900	3.300	650
Rata-rata	64.350	28.033,33	5.116,67	3.066,67	647,33

Lampiran 11. Spesifikasi Air Limbah Sebelum dan Sesudah Proses Pengolahan dengan Unit Mini WWTP

Tabel 4. Spesifikasi Air Limbah Sebelum Pengolahan dengan Unit Mini WWTP

Parameter Uji	Satuan	Metode Uji	Nilai Maksimum	Hasil Pengujian Air Limbah Pit Besar
pH	-	SNI-06-6989.11-2004	6-9	6,74
Temperatur	°C	SNI-06-6989.23-2005	40	30
Klorin Bebas (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	SNI 06-4824-1998	1	0,475
Sulfida (H <sub>2</sub> S)	mg/L	SNI 6989.70-2009	0,1	0,087
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	mg/L	SNI 6989.2-2019	300	±60.000
Raksa (Hg)	mg/L	SNI 6989.78-2019	0,005	0,00004
Besi (Fe)	mg/L	SNI 6989.4-2009	10	1,754

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Nikel (Ni)	mg/L	SNI 6989.18-2009	20	0,1588
------------	------	------------------	----	--------

Tabel 5. Spesifikasi Air Limbah Setelah Pengolahan dengan Unit Mini WWTP

Parameter Uji	Satuan	Metode Uji	Nilai Maksimum	Hasil Pengujian Air Limbah Pit Besar
pH	-	SNI-06-6989.11-2004	6-9	7,25
Temperatur	°C	SNI-06-6989.23-2005	40	36
Klorin Bebas (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	SNI 06-4824-1998	1	0,02
Sulfida (H <sub>2</sub> S)	mg/L	SNI 6989.70-2009	0,1	0,078
<i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	mg/L	SNI 6989.2-2019	300	643,33
Raksa (Hg)	mg/L	SNI 6989.78-2019	0,005	0,00002
Besi (Fe)	mg/L	SNI 6989.4-2009	10	0,28
Nikel (Ni)	mg/L	SNI 6989.18-2009	20	0,7



Lampiran 12. Biodata Mahasiswa

**BIODATA MAHASISWA**

1. Nama Lengkap : Aqshal Yanu Pratama
2. NIM : 1902322011
3. Tempat, Tanggal Lahir : Surakarta, 13 Agustus 2001
4. Jenis Kelamin : Laki-laki
5. Alamat : PC 6C 171A Komplek Perumahan PT  
Badak NGL, Satimpo, Bontang Selatan,  
Bontang, Kalimantan Timur.
6. E-mail : [aqshalpratama6@gmail.com](mailto:aqshalpratama6@gmail.com)
7. Pendidikan : SD (2007 – 2013) : SD Karya Iman  
SMP (2013 – 2016) : SMP Karya Iman  
SMA (2017 – 2019) : SMA Negeri 2 Surakarta
8. Program Studi : Teknik Konversi Energi
9. Bidang Peminatan : *Gas Processing*
10. Topik Tugas Akhir : Perancangan Sistem dan Optimasi  
Parameter Operasi Pada Unit Pengolahan  
Limbah Air Pit Besar TPS B3 Dengan  
Metode Modifikasi Elektrolisis

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta