

TA/TL/2025/2027



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

**Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Bambanglipuro
dalam Menurunkan *Dissolved Organic Matter* yang Dievaluasi
dengan Metode *Fluorescence Excitation Emission Matrix***

Rohmah Nur Laili

21513190

Dosen Pembimbing:

Ir. Hudori, S.T., M.T., Ph.D.

**Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas
Teknik Sipil dan Perencanaan**

Universitas Islam Indonesia

2025



DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

Evaluating the Effectiveness of the Bambanglipuro Wastewater Treatment Plant in Reducing Dissolved Organic Matter Using the Fluorescence Excitation-Emission Matrix (EEM) Method

Rohmah Nur Laili

21513190

Supervisor:

Ir. Hudori, S.T., M.T., Ph.D.

Environmental Engineering Bachelor Program

Faculty of Civil Engineering and Planning

Universitas Islam Indonesia

2025

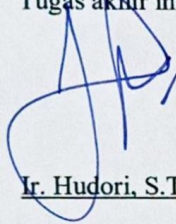
LEMBAR PENGESAHAN
TUGAS AKHIR

**Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Bambanglipuro dalam Menurunkan
Dissolved Organic Matter yang Dievaluasi dengan Metode Fluorescence Excitation
Emission Matrix (EEM)**

Tugas akhir ini disusun dan diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Rohmah Nur Laili
21513190

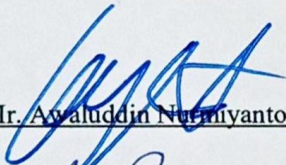
Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 11 September 2025 dan disetujui oleh:



19/9/2025

Ir. Hudori, S.T., M.T., Ph.D.

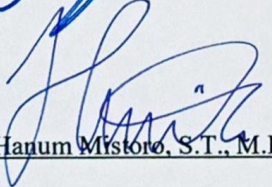
(Pembimbing)



19/09/25

Dr. Eng. Ir. Awaluddin Nurharyanto, S.T., M.Eng.

(Penguji 1)



19/09/2025

Ir. Niesa Hanum Wistoro, S.T., M.Eng., I.P.P.

(Penguji 2)

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana



19/9-25

Any Juliani, S.T., M.Sc.(Res.Eng.), Ph.D.

PERNYATAAN

Saya, penyusun tugas akhir ini, menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia, maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini merupakan gagasan, rumusan, dan studi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Perangkat lunak atau program komputer yang digunakan dalam tugas akhir ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya. Bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
5. Tidak ada penggunaan kecerdasan buatan (*artificial intelligence*, AI) dalam penyusunan karya tugas akhir ini kecuali:
 - a. untuk membantu dalam kadar yang wajar (seperti membantu mengoreksi, mencari ide, dan mencari referensi), dan
 - b. tercantum dan dijelaskan perihal penggunaannya secara eksplisit di dalam karya tugas akhir ini.Implikasi dari penggunaan AI tersebut menjadi tanggung jawab saya sepenuhnya.
6. Pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 31 Agustus 2025

Yang membuat pernyataan,



Rohmah Nur Laili

21513190

PRAKATA

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillahirobbil' alamin puji dan syukur selalu dipanjatkan kehadiran Allah subhanahu wa ta'ala karena berkat rahmat, nikmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul "Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Bambanglipuro dalam Menurunkan Dissolved Organic Matter yang Dievaluasi dengan Metode Fluorescence Excitation Emission Matrix (EEM)".

Tugas akhir ini disusun sebagai pra syarat untuk menyelesaikan aktivitas akademik guna memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil dan Perencanaan. Selain itu, tugas ini juga disusun untuk memenuhi kurikulum Program Studi Teknik Lingkungan serta menjadi wujud kontribusi di bidang teknik lingkungan.

Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan doa, bantuan, bimbingan dan semangat dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada Bapak Heri dan Ibu Yunita yang senantiasa mengirimkan doa dan dukungan kepada penulis sejak awal dan akhir penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Hudori, S.T., M.T., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah melunangkan waktu untuk membimbing dengan penuh kesabaran, memberikan arahan, kritik, saran, ilmu serta motivasi dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr.Eng. Ir. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji 1 dan Ibu Ir. Niesa Hanum Mistoro, S.T., M.Eng., I.P.P. selaku dosen penguji 2, yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun untuk penulis sehingga dapat menyusun tugas akhir ini dengan baik.

4. Seluruh dosen dan laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Terima kasih atas bantuan, ilmu dan pengetahuan yang diberikan selama melaksanakan penelitian Tugas Akhir.
5. Teman-teman seperjuangan yang telah membantu, memberikan dukungan, dan memberi semangat Bay, Wulan, Tri, dan Lia. Terima kasih atas semua kebersamaan, dukungan moral hingga penyusunan tugas akhir selesai.
6. Temanku tersayang, Faurinnisa Mahendaru yang selalu kebersamai, membantu dan memberikan dukungan dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Serta kepada semua pihak yang telah bersedia membantu dan memberikan dukungan serta doa yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa masih banyak terdapat kekurangan dalam penulisan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun serta menambah pengetahuan penulis. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat dan digunakan sebaik-baiknya.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 31 Agustus 2025

Rohmah Nur Laili

Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Bembanglipuro dalam Menurunkan Dissolved Organic Matter yang Dievaluasi dengan Metode Fluorescence Excitation Emission Matrix (EEM)

Mahasiswa : Rohmah Nur Laili
NIM : 21513190
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing : Ir. Hudori, S.T., M.T., Ph.D.

Abstrak

Peningkatan jumlah penduduk berdampak langsung pada peningkatan volume air limbah domestik, yang jika tidak diolah dengan baik dapat menimbulkan pencemaran lingkungan. Salah satu parameter penting dalam menilai kualitas air limbah adalah kandungan bahan organik, khususnya *Dissolved Organic Matter* (DOM). Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi karakteristik DOM, menganalisis efektivitas tiap unit pengolahan air limbah di IPAL Bembanglipuro dalam menurunkan kadar DOM, serta menganalisis hubungan antar parameter *Fluorescence Excitation Emission Matrix* (EEM), UV-254, COD, dan TSS. Pengujian dilakukan di laboratorium dengan menggunakan *Fluorescence Excitation Emission Matrix* (EEM). Metode ini mengukur nilai *fluorescence intensity* dari masing-masing sampel air limbah yang akan menghasilkan nilai puncak dari fraksi DOM. Analisis data tersebut dilakukan dengan metode *peak-picking*. Hasil penelitian menunjukkan hasil bahwa pada sampel air limbah di IPAL Bembanglipuro didominasi oleh senyawa *Tyrosine-like* dan *Tryptophan-like*. Efisiensi removal pada kedua sampling yaitu *Tyrosine-like* sebesar 47,14%, *Tryptophan-like* 23,76%, *Fulvic-like* 32,03% dan 6%, *Humic-like* 34,77% dan 21,19, *Allochtonous* 43,46% dan 50,92. Tingkat korelasi kuat terdapat pada hubungan antara *Fulvic-Like* dengan UV 254, *Humic-Like* dengan UV 254, dan *Allochtonous* dengan UV 254.

Kata kunci: *Dissolved Organic Matter*, *Fluorescence EEM*, Pengolahan Air Limbah

Evaluating the Effectiveness of the Bambanglipuro Wastewater Treatment Plant in Reducing Dissolved Organic Matter Using the Fluorescence Excitation-Emission Matrix (EEM) Method

Student : Rohmah Nur Laili
Student Number : 21513190
Study Program : Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor : Ir. Hudori, S.T., M.T., Ph.D.

Abstract

Abstract The increase in population has a direct impact on the increase in domestic wastewater volume, which, if not properly treated, can cause environmental pollution. One important parameter in assessing wastewater quality is the organic matter content, particularly Dissolved Organic Matter (DOM). This study aims to identify the characteristics of DOM, analyze the effectiveness of each wastewater treatment unit at the Bambanglipuro Wastewater Treatment Plant (IPAL) in reducing DOM levels, and analyze the relationship between the parameters of Fluorescence Excitation Emission Matrix (EEM), UV-254, COD, and TSS. The testing was conducted in the laboratory using the Fluorescence Excitation Emission Matrix (EEM). This method measures the fluorescence intensity of each wastewater sample, producing peak values for the DOM fraction. Data analysis was performed using the peak-picking method. The results showed that the wastewater samples at the Bambanglipuro WWTP were dominated by Tyrosine-like and Tryptophan-like compounds. The observed removal efficiencies during the two sampling were 47.14% for tyrosine-like, 23.76% for tryptophan-like, 32.03% and 6% for fulvic-like, 34.77% and 21.19% for humic-like, and 43.46% and 50.92% for Allochthonous. Strong correlations were observed between Fulvic-like and UV 254, Humic-like and UV 254, and Allochthonous and UV 254.

Key words: Dissolved Organic Matter, Fluorescence EEM, Wastewater Treatment

DAFTAR ISI

PRAKATA	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Ruang Lingkup	5
1.6 Kerangka Berpikir	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Air Limbah Domestik.....	7
2.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah	8
2.2.1 Unit-Unit Pengolahan di IPAL Bambanglipuro	10
2.3 Fraksi <i>Organic Matter</i>	15
2.4 <i>Dissolved Organic Matter</i> (DOM)	17
2.5 Karakteristik <i>Dissolved Organic Matter</i> (DOM)	18
2.6 Parameter Pengujian.....	24
2.6.1 Parameter Fisik-Kimia.....	24
2.6.2 Dissolved Oxygen (DO)	26
2.6.3 UV-254	26
2.6.4 Chemical Oxygen Demand (COD).....	27
2.6.5 Total Suspended Solid (TSS).....	27
2.7 Penelitian Terdahulu.....	27

BAB III METODE PENELITIAN.....	31
3.1 Kerangka Studi/Penelitian/Perencanaan.....	31
3.2 Waktu dan Lokasi.....	32
3.3 Alat dan Bahan	32
3.4 Jenis dan Variabel Penelitian.....	34
3.5 Pengumpulan Data.....	34
3.5.1 Data Primer.....	34
3.5.2 Sampel Air	34
3.5.3 Pengujian Sampel Air	36
3.5.4 Data Sekunder.....	43
3.6 Analisis Data	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	47
4.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah Bambanglipuro	47
4.2 Karakteristik Limbah Domestik	47
4.2.1 Parameter Fisik-Kimia.....	47
4.2.2 Pengujian Unit Pengolahan.....	48
4.3 Pengujian karakteristik Fisik	50
4.4 Pengujian karakteristik DOM.....	54
4.4.1 Fluorescence EEM.....	54
4.4.2 Absorbansi UV-254	81
4.4.3 COD.....	83
4.4.4 TSS.....	86
4.5 Korelasi antar Parameter DOM	89
4.5.1 FEEM dan UV-254.....	89
4.5.2 FEEM dan COD.....	90
4.5.3 FEEM dan TSS	92
4.5.4 UV-254 dan COD	93
4.5.5 UV-254 dan TSS.....	93
4.5.6 TSS dan COD	94
4.6 Efisiensi Removal DOM IPAL Bambanglipuro.....	94

BAB V PENUTUP.....	97
5.1 Kesimpulan.....	97
5.2 Saran.....	98
DAFTAR PUSTAKA	99
LAMPIRAN.....	112
RIWAYAT HIDUP.....	135

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik	7
Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah untuk Kegiatan IPAL Domestik	8
Tabel 2. 3 Usulan Fraksi <i>Dissolved Organic Matter</i>	19
Tabel 2. 4 Komponen Fluorosensi berdasarkan Panjang Gelombang Eksitasi dan Emisi	23
Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu	28
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan	33
Tabel 3. 2 Jenis Sumber Sampel Air	35
Tabel 3. 3 Metode dan Acuan Parameter Fisik-Kimia.....	36
Tabel 3. 4 Metode dan Acuan Parameter Uji DOM.....	39
Tabel 3. 5 Interpretasi Koefisien Korelasi.....	46
Tabel 3. 6 Kategori Hasil Persentase IPAL.....	46
Tabel 4. 1 Dimensi Unit Pengolahan.....	47
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Unit Pengolahan Bulan Maret 2025.....	48
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Unit Pengolahan Bulan Juni 2025	49
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Parameter Fisik-Kimia pada Sampling 1	50
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Parameter Fisik-Kimia pada Sampling 2	51
Tabel 4. 6 Korelasi Parameter Fluorescence EEM dan UV 254	90
Tabel 4. 7 Korelasi Parameter Fluorescence EEM dan COD	91
Tabel 4. 8 Korelasi Parameter <i>Fluorescence</i> EEM dan TSS	92
Tabel 4. 9 Korelasi Parameter UV 254 dan COD	93
Tabel 4. 10 Korelasi Parameter UV 254 dan TSS.....	93
Tabel 4. 11 Korelasi Parameter TSS dan COD	94

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir	6
Gambar 2. 1 IPAL Bambanglipuro	10
Gambar 2. 2 Aerated Grit Chamber	11
Gambar 2. 3 Unit Ekualisasi	12
Gambar 2. 4 <i>Surface</i> aerator.....	13
Gambar 2. 5 Unit Clarifier	14
Gambar 2. 6 Unit Klorinasi.....	15
Gambar 2. 7 Panjang Gelombang Eksitasi dan Emisi.....	22
Gambar 2. 8 Pembagian Wilayah Senyawa Protein dan Aromatik	22
Gambar 3. 1 Plot Analisis <i>Fluorescence</i>	24
Gambar 3. 2 Kerangka Penelitian	31
Gambar 3. 3 Lokasi IPAL Bambanglipuro	32
Gambar 3. 4 Titik Sampling Air Limbah	35
Gambar 3. 5 Konduktimeter.....	37
Gambar 3. 6 Turbidimeter.....	38
Gambar 3. 7 pH meter.....	39
Gambar 3. 8 Spektrofluorometer (Shimadzu RF-6000).....	41
Gambar 3. 9 Spektrofotometer UV- <i>Visible</i>	43
Gambar 4. 1 Matriks Eksitasi-Emisi Komponen DOM Alur Pengolahan A dan B.....	56
Gambar 4. 2 Matriks Eksitasi-Emisi Komponen DOM pada Sampel Air Limbah Alur Pengolahan C dan D	58
Gambar 4. 3 Nilai <i>Fluorescence Intensity</i> Komponen <i>Tyrosine-like</i> pada Sampling Pertama.....	60
Gambar 4. 4 Efisiensi Removal Tyrosine pada Sampling Pertama	61
Gambar 4. 5 Nilai <i>Fluorescence Intensity</i> Komponen <i>Tyrosine-like</i> pada Sampling Kedua	61
Gambar 4. 6 Efisiensi Removal Tyrosine pada Sampling Kedua.....	62

Gambar 4. 7 Nilai <i>Fluorescence Intensity</i> Komponen <i>Tryptophan-like</i> pada Sampling Satu.....	64
Gambar 4. 8 Efisiensi Removal Tryptophan pada Sampling Pertama.....	65
Gambar 4. 9 Nilai <i>Fluorescence Intensity</i> Komponen <i>Tryptophan-like</i> pada Sampling Kedua	66
Gambar 4. 10 Efisiensi Removal Tryptophan pada Sampling Kedua	67
Gambar 4. 11 Nilai <i>Fluorescence Intensity</i> Komponen <i>Fulvic-Like</i> pada Sampling Pertama.....	68
Gambar 4. 12 Efisiensi Removal <i>Fulvic-like</i> pada Sampling Pertama	68
Gambar 4. 13 Nilai <i>Fluorescence Intensity</i> Komponen <i>Fulvic Like</i> pada Sampling Kedua	69
Gambar 4. 14 Efisiensi Removal <i>Fulvic-like</i> pada Sampling Kedua.....	70
Gambar 4. 15 Nilai <i>Fluorescence Intensity</i> Komponen <i>Humic-Like</i> pada Sampling Pertama.....	73
Gambar 4. 16 Efisiensi Removal <i>Humic-like</i> pada Sampling Pertama.....	73
Gambar 4. 17 Nilai <i>Fluorescence Intensity</i> Komponen <i>Humic-Like</i> pada Sampling Kedua	74
Gambar 4. 18 Efisiensi Removal <i>Humic-like</i> pada Sampling Kedua	75
Gambar 4. 19 Nilai <i>Fluorescence Intensity</i> Komponen <i>Allochthonous</i> pada Sampling Pertama.....	76
Gambar 4. 20 Efisiensi Removal <i>Allochthonous</i> pada Sampling Pertama	77
Gambar 4. 21 Nilai <i>Fluorescence Intensity</i> Komponen <i>Allochthonous</i> pada Sampling Kedua	78
Gambar 4. 22 Efisiensi Removal <i>Allochthonous</i> pada Sampling Kedua	78
Gambar 4. 23 Nilai <i>Fluorescence Intensity</i> pada Sampling Pertama.....	79
Gambar 4. 24 Nilai <i>Fluorescence Intensity</i> pada Sampling Kedua	80
Gambar 4. 25 Efisiensi Removal pada Sampling Pertama	80
Gambar 4. 26 Efisiensi Removal pada Sampling Kedua	81
Gambar 4. 27 Nilai Absorbansi UV 254.....	82
Gambar 4. 28 Hasil Pengujian COD	83
Gambar 4. 29 Efisiensi Removal COD	85

Gambar 4. 30 Hasil Pengujian TSS.....	86
Gambar 4. 31 Efisiensi Removal TSS.....	88
Gambar 4. 32 Efisiensi Removal Keseluruhan Komponen DOM pada Sampling Pertama.....	95
Gambar 4. 33 Efisiensi Removal Keseluruhan Komponen DOM pada Sampling Kedua	95

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengambilan Sampel dan Pengujian in situ	112
Lampiran 2 Pengujian di Laboratorium	113
Lampiran 3 Pengujian Fisik-Kimia	114
Lampiran 4 Data Sekunder.....	115
Lampiran 5 Hasil Pengujian <i>Fluorescence</i> EEM	116
Lampiran 6 Hasil Pengujian UV 254	125
Lampiran 7 Hasil Pengujian Parameter TSS	128
Lampiran 8 Hasil Pengujian COD.....	130
Lampiran 9 Hasil Uji Korelasi antar Parameter DOM.....	132
Lampiran 10 Efisiensi Unit Pengolahan.....	133

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Terdapat peningkatan jumlah penduduk di Kabupaten Bantul dari tahun 2022 ke tahun 2023 sebesar 8,63 ribu jiwa (Kabupaten Bantul dalam Angka, 2024). Adanya peningkatan jumlah penduduk ini akan sejalan dengan peningkatan kebutuhan air baik secara kualitas maupun kuantitas. Sebanyak 50%-80% dari penggunaan air bersih akan menjadi air limbah (Wisesa, 2016). Banyaknya limbah yang dihasilkan menjadi salah satu penyebab adanya permasalahan lingkungan yang membutuhkan perhatian dan penanganan khusus. Khususnya pada limbah yang berasal dari kegiatan domestik apabila tidak dikelola dengan baik akan menimbulkan pencemaran lingkungan.

Limbah domestik merupakan air buangan yang berasal dari penggunaan rumah tangga untuk kebersihan, berupa gabungan limbah dapur, kamar mandi, toilet, cucian, dan sebagainya (Nasihah *et al.*, 2018). Dimana komposisi limbah cair mengandung bahan organik yang berasal dari urin, sisa makanan, deterjen, dan sabun. Adanya pencemaran limbah ini akan berdampak pada berbagai sektor, seperti tercemarnya air bersih yang dapat berdampak pada berkurangnya ketersediaan air bersih serta penurunan kualitas air akibat masuknya pencemar ke badan air.

Sebagai upaya pencegahan dari penurunan kualitas air yang disebabkan oleh pencemaran limbah cair domestik, maka dibangun suatu instalasi untuk mengolah limbah cair domestik sebelum dibuang ke badan air yang disebut dengan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). IPAL Bambanglipuro merupakan IPAL terbesar kedua di Daerah Istimewa Yogyakarta yang melayani sebagian besar kawasan perkotaan Bantul, antara lain Kalurahan Bantul, Ringinharjo, Trirenggo, Palbapang, dan sebagian besar Kalurahan Sumbermulyo (Infrastruktur Cipta Karya, 2021). Sampai pada tahun 2024, terdapat 170 SR sudah tersambung dengan IPAL Bambanglipuro (RPJPD Kabupaten Bantul, 2024). Adapun unit pengolahan air limbah yang terdapat

pada IPAL Bambanglipuro yaitu grit chamber, ekualisasi, clarifier, aerasi, klorinasi, kolam indikator, dan pengolahan lumpur dengan *Sludge Drying Bed*.

Adanya unit-unit pengolahan di IPAL diketahui mampu menghilangkan berbagai pencemar yang terdapat di dalam air limbah, salah satunya yaitu bahan organik (Fitri, Rosariawari and Sari, 2025). Hal ini ditunjukkan dari adanya penurunan kadar BOD dan COD dari inlet hingga ke outlet. Selain itu, pengolahan limbah di IPAL mampu menurunkan kadar COD sebesar 76%, yang mana COD dapat menunjukkan banyaknya kandungan bahan organik dengan mengukur jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik dalam air secara kimia (Samina et al, 2013). Tingginya kadar COD sebanding dengan tingginya bahan organik di air.

Penelitian lain menyebutkan bahwa, adanya unit pengolahan aerasi dapat menurunkan kadar TSS sebesar 73,44% (Ulya, Dewajani and Ambarwati, 2024). Tingginya bahan organik di badan air dapat mengurangi ketersediaan oksigen terlarut yang berdampak pada kelangsungan hidup organisme. Rendahnya oksigen terlarut dapat menghambat pertumbuhan makhluk hidup yang ada di air hingga dapat menyebabkan kematian (Prasetyo, 2022). Kematian ikan dan hewan dalam rantai ekosistem air dapat menyebabkan terganggunya keseimbangan ekosistem air (Wijaya, 2023). Selain itu, tingginya bahan organik dalam badan air dapat menyebabkan eutrofikasi, ditandai dengan meningkatnya pertumbuhan pada tumbuhan air (*algae blooming*) yang dapat mengurangi penetrasi cahaya matahari ke dalam air (Simbolon, 2016).

Berdasarkan sifat fisiknya, bahan organik dibagi menjadi dua yaitu bahan organik terlarut (*Dissolved Organic Matter*) dan partikulat. *Dissolved Organic Matter* (DOM) merupakan fraksi bahan organik yang dapat melewati filter membran 0,45 μm serta memiliki konsentrasi, komposisi, ikatan yang bervariasi tergantung pada sumber organiknya (Rahman, 2020). *Dissolved Organic Matter* (DOM) terdiri atas campuran kompleks turunan hidrokarbon aromatik dan alifatik, terutama zat humat yang komposisinya sangat

bervariasi, tergantung pada banyak faktor (Sciscenko *et al.*, 2024). Adanya *Dissolved Organic Matter* (DOM) pada air limbah dapat menyebabkan penurunan kualitas air limbah dan mengganggu proses pengolahannya. *Dissolved Organic Matter* (DOM) dapat mempengaruhi ekosistem perairan, yang mana DOM ini dapat mempengaruhi kemampuan bakteri untuk menguraikan bahan organik di ekosistem perairan (Wen *et al.*, 2023). Konsentrasi DOM yang tinggi dapat menyebabkan nilai *Dissolved Oxygen* (DO) menjadi rendah, sehingga mengakibatkan terbentuknya kondisi anaerobik, yang dapat menyebabkan eutrofikasi bahkan *black-odor water bodies* (Yan *et al.*, 2023).

Melihat dampak yang dihasilkan dari tingginya bahan organik di badan air, maka perlu dilakukan pengujian kadar DOM pada air limbah guna mengetahui efektivitas unit-unit pengolahan di IPAL Bambanglipuro dalam menurunkan kandungan bahan organik. Dilakukannya penelitian ini karena pada penelitian sebelumnya, dijelaskan konfigurasi molekuler DOM dapat mempengaruhi sifat pengikatannya dengan polutan lingkungan lainnya. Misalnya, DOM dalam air limbah yang diolah akan lebih mudah mengikat logam daripada DOM pada lanskap alami (Chaminda, Nakajima and Kasuga, 2010). Selain itu, adanya sisa DOM dalam air limbah setelah proses pengolahan dapat memberikan dampak negatif terhadap sistem perairan alami yang nantinya akan menerima air limbah hasil pengolahan walaupun dalam jumlah yang sangat kecil (Zhang *et al.*, 2021).

Evaluasi kinerja pada IPAL dalam melihat penurunan bahan organik umumnya dilakukan dengan parameter-parameter konvensional, seperti *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Biochemical Oxygen Demand* (BOD), *Dissolved Organic Carbon* (DOC), dan *Total Organic Carbon* (TOC). Namun, pengujian dengan parameter tersebut tidak dapat mengetahui komposisi struktural bahan organik (Rodríguez-Vidal *et al.*, 2020). Sedangkan setiap fraksi pada DOM memiliki karakteristik dan biodegradabilitas yang berbeda terhadap proses pengolahan. Seperti pada *humic-like* yang cenderung lebih sulit terurai dibandingkan dengan fraksi *protein-like*. Oleh karena itu,

perlu dilakukan analisis efektivitas unit pengolahan dalam menurunkan fraksi DOM untuk mendapatkan gambaran yang lebih menyeluruh terkait kinerja masing-masing unit pengolahan di IPAL. Metode yang dapat digunakan dalam pengujian DOM yaitu menggunakan *Fluorescence Excitation Emission Matrix* (EEM). Pengujian dengan metode ini dapat memberikan serangkaian indeks untuk komposisi kimiawi DOM dan dapat menunjukkan bahwa air limbah sebagian besar mengandung komponen senyawa organik seperti protein, humat, dan beberapa komponen tergantung pada jenis air limbahnya (Shi *et al.*, 2021). Selain itu, pengujian dengan metode ini dapat memberikan informasi mengenai struktur sub-status humat yang mana intensitas dan lokasi puncak *fluoresence* dapat dikorelasikan dengan sifat strukturalnya. Metode ini juga memiliki kelebihan lain, diantaranya yaitu sensitif dan cepat, karena hanya membutuhkan volume kecil dan pra-perlakuan sampelnya sederhana (Rodríguez-Vidal *et al.*, 2020). Selain itu, dilakukannya penelitian ini karena belum adanya penelitian terkait DOM sebagai salah satu bahan organik yang dapat digunakan untuk mengetahui efektivitas unit-unit pengolahan IPAL, khususnya di Yogyakarta menggunakan metode *Fluorescence Excitation Emission Matrix* (EEM).

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, dapat diperoleh rumusan masalah sebagai berikut.

1. Bagaimana karakteristik *Dissolved Organic Matter* (DOM) di Instalasi Pengolahan Air Limbah Bambanglipuro?
2. Bagaimana efektivitas unit pengolahan di Instalasi Pengolahan Air Limbah Bambanglipuro dalam menurunkan kadar *Dissolved Organic Matter* (DOM)?
3. Bagaimana hubungan antar parameter yang meliputi parameter *Fluorescence* EEM, UV-254, COD, dan TSS?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan di atas, dapat diperoleh tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Mengidentifikasi karakteristik *Dissolved Organic Matter* (DOM) di Instalasi Pengolahan Air Limbah Bambanglipuro.
2. Menganalisis efektivitas unit pengolahan di Instalasi Pengolahan Air Limbah Bambanglipuro dalam menurunkan kadar *Dissolved Organic Matter* (DOM).
3. Menganalisis hubungan antar parameter yang meliputi parameter *Fluorescence EEM*, UV-254, COD, dan TSS.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini yang akan dilakukan sebagai berikut.

1. Memberikan informasi dan pemahaman terkait kandungan DOM pada air limbah domestik.
2. Sebagai rekomendasi untuk IPAL agar dapat mengoptimalkan proses yang ada untuk mereduksi kandungan DOM pada air limbah domestik.

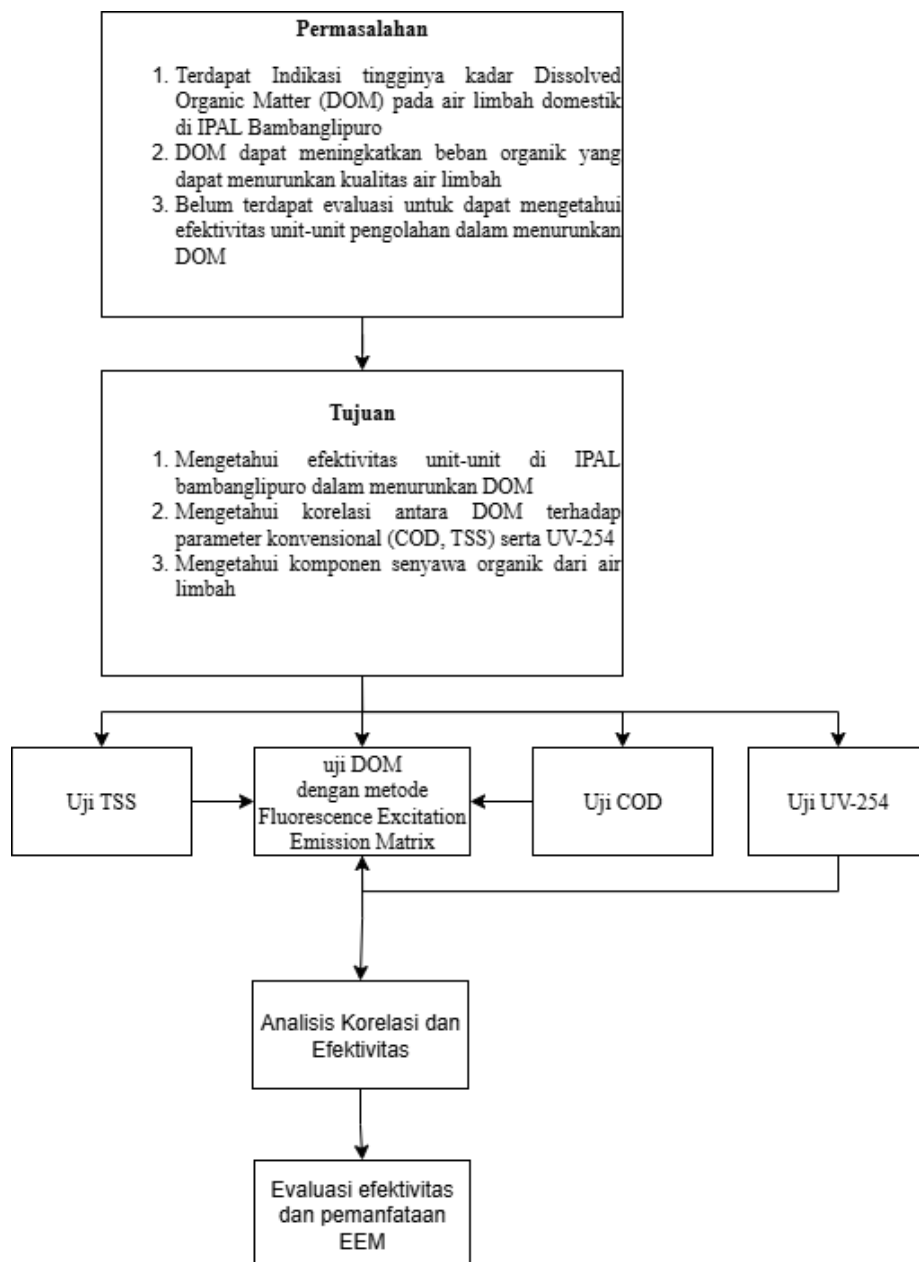
1.5 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sampel yang digunakan diambil berasal dari IPAL Bambanglipuro.
2. Mengidentifikasi parameter fisik-kimia seperti suhu, kekeruhan, pH, DO dan daya hantar listrik.
3. Pengukuran fraksi *Dissolved Organic Matter* (DOM) menggunakan metode *Fluorescence Excitation Emission Matrix* (EEM) serta pengukuran parameter absorbansi UV-254, kadar COD, dan kadar TSS
4. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia.

1.6 Kerangka Berpikir

Terdapat kerangka berpikir yang dapat digunakan untuk menggambarkan alur pemikiran dalam penelitian ini, berikut merupakan kerangka berpikir yang digunakan.



Gambar 1. 1 Kerangka Berpikir

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Domestik

Air limbah domestik merupakan limbah rumah tangga yang berasal dari berbagai kegiatan rumah tangga berupa aktivitas manusia sehari-hari sebagai dampak dari penggunaan air sehari-hari (Permen LHK No. 68 Tahun 2016). Air limbah domestik berasal dari air buangan yang berasal dari penggunaan untuk kebersihan, yaitu berasal dari kamar mandi, toilet, cucian, dan gabungan limbah dapur. Dimana air limbah domestik banyak mengandung bahan organik, seperti karbohidrat, protein, dan lemak. Selain itu, dalam air limbah domestik juga terkandung bahan anorganik berupa butiran garam dan metal. Sebagian limbah domestik berbentuk suspensi sedangkan lainnya dalam bentuk bahan terlarut.

Air limbah domestik terdiri dari 2 jenis, yaitu black water dan grey water. Black water merupakan air limbah yang mengandung zat-zat sisa hasil proses metabolisme tubuh, berupa tinja, urin, serta air pembersih anus dan air penggelontor kotoran manusia dari jamban. Sedangkan untuk grey water merupakan air limbah yang berasal dari air mandi (bukan toilet), air dari buangan dapur, dan air cuci pakaian (Maliga, Asdak and Winata, 2021).

Pengolahan air limbah domestik wajib memenuhi baku mutu air limbah domestik yang terdapat pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yang ditunjukkan oleh Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH	-	6-9
BOD	mg/L	30
COD	mg/L	100
TSS	mg/L	30

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
Minyak & lemak	mg/L	5
Amoniak	mg/L	10
Total Coliform	Jumlah/100 mL	3000
Debit	L/orang/hari	100

Sumber : PermenLHK No. 68 Tahun 2016

Selain mengacu pada PermenLHK No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, Pemerintah Daerah Istimewa Yogyakarta mempunyai Peraturan Daerah yang mengatur mengenai baku mutu air limbah. Peraturan tersebut terdapat pada Perda DIY No. 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah yang ditunjukkan pada Tabel 2. 2.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah untuk Kegiatan IPAL Domestik

Parameter	Kadar paling banyak (mg/L)
BOD	75
COD	200
TDS	2.000
TSS	75
Minyak dan Lemak Total	10
Detergen	5
Suhu	$\pm 3^{\circ}\text{C}$ terhadap suhu udara
pH	6,0-9,0
Coliform	10.000 MPN/100 ml
Debit limbah paling banyak	-

Sumber : Perda DIY No. 7 Tahun 2016

2.2 Instalasi Pengolahan Air Limbah

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan sebuah sistem yang dirancang untuk memurnikan air limbah agar sesuai dengan baku mutu yang ada sebelum dibuang ke lingkungan. Pengolahan air limbah ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas air dengan mengurangi atau bahkan menghilangkan bahan pencemar yang ada di dalam air, agar memenuhi

persyaratan keselamatan dan keamanan khusus air limbah setelah adanya pengolahan (Pudjowati *et al.*, 2024). Air limbah yang tidak diolah terlebih dahulu dan langsung dibuang ke badan air pada umumnya akan mempengaruhi ekosistem penerimanya. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya pencemaran pada ekosistem penerimanya. Oleh sebab itu, perlu dilakukan proses pengolahan pada air limbah sesuai dengan karakter limbah itu sendiri (Rarasari, Restu and Ernawati, 2018). Proses pengolahan air limbah dalam IPAL dapat mencakup berbagai tahap, mulai dari pengumpulan limbah, pemisahan bahan padat dan cair, pengolahan biologis, dan pengolahan kimia. Berbagai proses pengolahan dapat mengurangi konsentrasi polutan dalam air, seperti mengurangi kandungan padatan tersuspensi yang molekulnya dapat mencemari sungai dan menghambat pergerakan air di saluran dan pipa setelah pengendapan, mengurangi kandungan bahan organik yang dapat terurai secara alami (Jasim, 2020).

IPAL komunal di Indonesia banyak mengacu pada sistem DEWATS (*Decentralized Wastewater Treatment and Sanitation*). Pengolahan dengan sistem ini mampu mengolah air limbah domestik dan industri, dengan debit 1-1000 m³ per hari. DEWATS ini mampu menjadi salah satu alternatif dalam memperbaiki sanitasi di Indonesia, karena tidak membutuhkan peralatan dan sistem yang rumit, namun lebih sederhana perawatannya (Singh *et al.*, 2009).

Instalasi Pengolahan Limbah (IPAL) Bambanglipuro merupakan proyek yang dibangun guna meningkatkan layanan sanitasi masyarakat dan mengurangi pencemaran lingkungan akibat pembuangan limbah domestik. IPAL ini dibangun melalui pendanaan APBN Tahun anggaran 2020-2021. Wilayah pelayanan IPAL Bambanglipuro meliputi sebagian besar kawasan perkotaan Bantul, antara lain Kalurahan Bantul, Ringinharjo, Trirenggo, Palbapang, dan sebagian besar Kalurahan Sumbermulyo (Infrastruktur Cipta Karya, 2021). IPAL ini memiliki kapasitas pengolahan air limbah sebesar 1.500 m³/hari atau setara dengan 3000 Sambungan Rumah (SR). Sampai dengan tahun 2024, terdapat 170 SR tersambung dengan IPAL Bambanglipuro (RPJPD Kabupaten Bantul, 2024).



Gambar 2. 1 IPAL Bambanglipuro

2.2.1 Unit-Unit Pengolahan di IPAL Bambanglipuro

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) merupakan suatu sistem yang meliputi beberapa unit proses pengolahan secara berurutan untuk mengolah air limbah dengan cara menurunkan beban pencemar, guna menjaga kualitas perairan dan kesehatan masyarakat. IPAL Bambanglipuro sebagai salah satu IPAL domestik kawasan di Kabupaten Bantul, yang melayani beberapa besar kawasan perkotaan Bantul, antara lain Kalurahan Bantul, Ringinharjo, Tlirenggo, Palbapang, dan sebagian besar Kalurahan Sumbermulyo. Berikut merupakan unit-unit pengolahan yang terdapat di IPAL Bambanglipuro.

1. Grit Chamber

Grit chamber merupakan bagian dari *preliminary treatment* yang umumnya ditemukan pada IPAL antara unit penyaringan (*screen*) dan pengolahan primer. Adanya unit grit chamber ini bertujuan untuk menghilangkan semua material grit (pasir dan partikel berat yang dapat mengendap), sehingga menghasilkan pengolahan air limbah yang aman dibuang ke lingkungan. Unit ini dirancang untuk memisahkan partikel-partikel padat yang memiliki laju pengendapan cepat, seperti pasir, kerikil, dan material anorganik lainnya, melalui proses fisik berdasarkan perbedaan berat jenis dan kecepatan aliran (Vanrolleghem and Lessard, 2020). Grit chamber ini juga dapat

menjaga kinerja pengolahan primer dan sekunder serta dapat memperpanjang umur peralatan dan proses pada tahapan selanjutnya lainnya (Vanrolleghem and Lessard, 2020). Hal tersebut dikarenakan dengan adanya grit chamber dapat pasir dan kerikil yang terbawa dapat menyebabkan kerusakan pada pompa serta dapat menyebabkan penyumbatan pada saluran dan pipa (Meroney and Sheker, 2016). Namun, unit grit chamber ini memiliki efisiensi removal yang sedikit terhadap penghilangan COD dan TSS (Syed R. Qasim and Guang Zhu, 2018).

Terdapat berbagai jenis desain grit chamber yang digunakan, yaitu grit chamber aliran horizontal, grit chamber tipe vortex, dan *aerated grit chamber*. *Aerated grit chamber* merupakan salah satu tipe grit chamber, yang mana pada sistem ini udara dimasukkan sepanjang salah satu sisi dari bak berbentuk persegi panjang, sehingga akan menghasilkan pola aliran spiral yang tegak lurus terhadap arah aliran utama dalam tangki. Pola aliran spiral ini menyebabkan partikel yang memiliki laju pengendapan lebih cepat akan mengendap di dasar tangki, sementara partikel yang lebih ringan dan lambat akan tetap tersuspensi dan terbawa mengikuti aliran (Tchobanoglous et al, 2014).



Gambar 2. 2 Aerated Grit Chamber

Sumber: Hoffman & Lamson

2. Ekualisasi

Unit ekualisasi sering digunakan sebagai salah alternatif dalam mengatasi permasalahan pengolahan air limbah yang terjadi akibat adanya fluktuasi konsentrasi beban pencemar. Adanya fluaktuasi tersebut terjadi akibat perbedaan pola buangan limbah domestik yang cenderung meningkat ketika pagi dan sore hari. Unit ini berfungsi sebagai penampung air limbah sebelum menuju unit pengolahan selanjutnya, sehingga air limbah memiliki karakteristik yang homogen dan debit yang stabil (Sari and Yuniarto, 2016). Tanpa adanya ekualisasi, fluktuasi pada air limbah dapat menyebabkan *overload* pada unit-unit selanjutnya, yang pada akhirnya dapat menurunkan efisiensi sistem secara keseluruhan (Metcalf & Eddy, 2004). Unit ekualasi ini dapat menghilangkan BOD dan COD sebesar 20-40%. Sedangkan efisiensi removal untuk TSS sebesar 50%-70% (Syed R. Qasim and Guang Zhu, 2018).



Gambar 2. 3 Unit Ekualisasi

3. Aerasi

Aerasi merupakan salah satu proses pengolahan dengan cara penambahan oksigen ke dalam air, yang mana dalam penambahan oksigen ini terdapat dua cara yaitu dengan cara

memasukkan udara ke dalam air dan dengan cara memaksa air ke atas untuk berkontak dengan oksigen (Yuniarti, Komala and Aziz, 2019). Fungsi dari aerasi dalam pengolahan air adalah malarutkan oksigen ke dalam air guna meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air dan melepaskan kandungan gas-gas yang terlarut dalam air (I Ketut Daging, 2022). Selain itu, tujuan dari adanya aerasi yaitu agar oksigen di udara dapat bereaksi dengan kation yang terdapat dalam air limbah. Reaksi kation dan oksigen ini menghasilkan oksidasi logam yang sukar larut dalam air sehingga akan mengendap. Terdapat berbagai jenis aerator yang dapat digunakan, diantaranya yaitu *Cascade aerator*, *tray aerator*, *bubble aerator*, *surface aerator*, dan aerator kincir. *Surface aerator* merupakan jenis aerator dengan memanfaatkan luas permukaan untuk mempercepat laju difusi udara terutama oksigen ke dalam suatu kolam. Prinsip kerjanya yaitu mencampurkan air yang telah ada di dalam kolam dengan cara menyemburkan ke udara atau membuat permukaannya menjadi luas (Yuniarti, Komala and Aziz, 2019).



Gambar 2. 4 *Surface aerator*

4. Clarifier

Clarifier merupakan salah satu unit pengolahan di IPAL yang berfungsi untuk sedimentasi padatan tersuspensi pada air limbah, agar padatan tersebut tidak terbawa dalam aliran air limbah yang keluar (Violista N, 2025). *Clarifier* ini juga berfungsi untuk mengurangi kandungan TSS dalam air limbah. Di dalam *clarifier* terjadi proses penghilangan solid tersuspensi yang biasanya menyebabkan air menjadi keruh, yang mana air yang mengandung bahan kimia serta flok akan mengalir ke *clarifier* melalui pipa vertikal di tengah *clarifier* untuk dipisahkan floknya dengan cara pengendapan gravitasi. *Clarifier* pada umumnya berbentuk tangki silinder dari beton dengan diameter 26 meter dan tinggi 3,5 meter. Selama penghilangan solid tersuspensi, dihilangkan juga *water hardness* dengan cara mereaksikannya dengan bahan kimia yang akan mengendapkan *hardness* tersebut. *Hardness* sendiri merupakan garam-garam kalsium dan magnesium yang larut dalam air (Fikri, 2021).



Gambar 2. 5 Unit Clarifier

5. Klorinasi

Klorinasi merupakan proses desinfeksi air limbah dengan cara menambahkan klorin atau senyawa yang melepaskan klorin

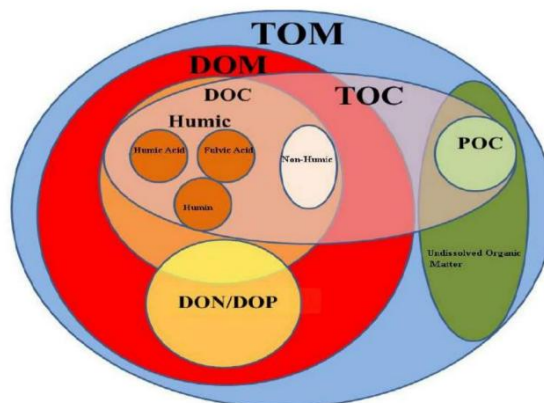
bebas ke dalam air limbah. Penambahan klorin pada pengolahan air limbah bertujuan untuk membunuh mikroorganisme patogen yang berpotensi membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia. Klorin biasanya ditambahkan dalam bentuk natrium hipoklorit, kalsium hipoklorit, atau gas klor (Tchobanoglous et al, 2014). Desinfeksi menggunakan klorin penting dilakukan karena terdapat potensi air limbah domestik yang masuk ke IPAL mengandung bakteri seperti *E.coli*, *Salmonella*, dan virus lainnya. Adanya penambahan klor aktif ini akan bereaksi dengan air membentuk asam hipoklorit (HOCl) yang memiliki daya desinfeksi tinggi (Metcalf & Eddy, 2014).



Gambar 2. 6 Unit Klorinasi

2.3 Fraksi *Organic Matter*

Bahan organik di perairan memiliki karakteristik yang beragam, baik yang larut maupun yang tidak larut. Keragaman ini memengaruhi peran bahan organik dalam proses ekologi dan kualitas air. Pada Gambar 2.7 terdapat diagram venn yang menggambarkan keterkaitan antarfraksi bahan organik.



Gambar 2. 7 Bahan Organik di Perairan Alami

Sumber: (Pagano, Bida and Kenny, 2014)

TOM (Total Organic Matter) merupakan kategori paling luas yang mencakup seluruh bahan organik di dalam air, baik dalam bentuk terlarut (dissolved) maupun tidak terlarut (particulate). Sumber TOM dapat berasal dari proses alami seperti pelapukan daun, serasah tumbuhan, dan sisa-sisa hewan, aktivitas biologis seperti fitoplankton, zooplankton, dan mikroorganisme, maupun dari antropogenik seperti limbah domestik dan industri.

Di dalam TOM terdapat TOC (Total Organic Carbon), yaitu total karbon organik yang terkandung dalam semua fraksi bahan organik, tanpa memperhitungkan unsur lain seperti nitrogen dan fosfor. TOC terbagi menjadi dua kelompok utama berdasarkan kelarutannya, yaitu POC (Particulate Organic Carbon) dan DOC (Dissolved Organic Carbon). POC merupakan karbon organik dalam bentuk partikel berukuran lebih besar dari $0,45\ \mu\text{m}$, seperti fragmen tumbuhan, fitoplankton mati, lumpur organik, atau sedimen yang mengandung bahan organik. Sedangkan DOC adalah karbon organik yang terlarut dalam air dengan ukuran lebih kecil dari $0,45\ \mu\text{m}$ dan merupakan bagian dari DOM (Dissolved Organic Matter).

DOM sendiri adalah fraksi dari TOM yang sepenuhnya larut dalam air, mencakup tidak hanya DOC, tetapi juga nitrogen organik (DON) dan fosfor organik (DOP), yang masing-masing berasal dari senyawa seperti protein,

asam nukleat, urea, fosfolipid, dan asam nukleat. DOC dalam DOM terbagi menjadi fraksi humic dan non-humic. Fraksi humic terdiri dari senyawa kompleks berwarna gelap yang sulit terurai, meliputi humic acid (larut pada $\text{pH} > 2$), fulvic acid (larut pada semua pH), dan humin (tidak larut pada pH berapa pun), sedangkan fraksi non-humic mencakup senyawa organik sederhana seperti karbohidrat, protein, asam amino, dan lipid yang mudah terurai secara biologis.

Di luar DOM, terdapat Undissolved Organic Matter, yaitu bahan organik yang tidak larut di air dan tidak termasuk POC murni, seperti serat tumbuhan kasar atau fragmen biologis yang terperangkap dalam sedimen. Hubungan ini menunjukkan bahwa TOM mencakup semua fraksi organik di perairan, yang mana TOC adalah bagian dari TOM yang fokus pada karbon organik, DOM adalah bagian dari TOM yang larut, DOC adalah pertemuan antara DOM dan TOC, dan POC bersama bahan organik tak larut berada di luar DOM. Adanya pemahaman struktur hierarkis ini dapat digunakan untuk mempelajari distribusi, sumber, serta peran masing-masing fraksi dalam proses ekologi dan pengolahan air.

2.4 Dissolved Organic Matter (DOM)

Dissolved Organic Matter (DOM) merupakan suatu materi organik terlarut dalam air yang menjadi bagian dari *Natural Organic Matter* (NOM), yang berpengaruh dalam ketersediaan hayati dan toksisitas lingkungan akuatik (Zhang *et al.*, 2021). DOM juga dapat diartikan sebagai zat organik yang dapat melewati filter berukuran $0,45 \mu\text{m}$ (Suryaputra, 2014). *Dissolved Organic Matter* terdiri dari campuran heterogen dari senyawa organik aromatic dan alifatik yang mengandung gugus fungsi oksigen, nitrogen, dan sulfur (misalnya karboksil, fenol, alkohol, karbonil, amina, dan tiol). DOM digambarkan sebagai campuran kompleks dari zat dengan berat molekul rendah dan molekul dengan berat molekul yang lebih besar, misalnya protein, polisakarida, dan makromolekul ekstraseluler (Nebbioso and Piccolo, 2013).

DOM diketahui dapat mempengaruhi proses biogeokimia, stabilitas dan transportasi partikel, kompleksasi logam, dan produksi produk sampingan

desinfeksi selama proses pengolahan air dan air limbah (Chen *et al.*, 2003). Selain itu, DOM dan komposisinya dalam ekosistem air alami dapat bertindak sebagai agen pengkelat yang kuat untuk logam, sehingga memengaruhi kelarutan, transportasi, dan toksisitasnya. DOM juga dapat terlibat dalam pengangkutan polutan organik dan pembentuk partikel koloid (Nebbioso and Piccolo, 2013). DOM dapat berasal dari sumber alami dan masukan antropogenik. Asal DOM ini dapat mempengaruhi komposisi dan sifat-sifatnya, yang akan mempengaruhi reaktivitasnya di berbagai ekosistem akuatik dan Instalasi Pengolahan Air Minum atau Instalasi Pengolahan Air Limbah (Goffin *et al.*, 2025).

Terdapat dua sumber alami dihasilkannya DOM, yaitu *allochthonous* dan *autochthonous*. *Allochthonous* merupakan bahan organik terlarut yang berasal dari tanah sebagai hasil dari dekomposisi tumbuhan dan disebabkan oleh bakteri yang masuk ke badan air melalui aliran air hujan. Sedangkan *autochthonous* merupakan zat organik yang berasal dari dekomposisi bakteri dan plankton akuatik di hulu badan air itu sendiri (Filella, 2009). Keberadaan bahan organik di air dapat diketahui dengan DOM dan pengukuran UV-254, yang mana sifat kimianya diperoleh melalui proses fraksinasi.

Selain masuk ekosistem darat, DOM dari pembuangan air limbah cair instalasi pengolahan air limbah juga menjadi sumber penting adanya DOM dalam ekosistem perairan. Limbah dari IPAL secara langsung mempengaruhi keberadaan dan evolusi DOM dalam lingkungan. Komposisi DOM dalam air limbah sangat dipengaruhi oleh proses pengolahannya. Komponen seperti triptofan dan humik menjadi komponen yang umum ditemukan dalam air limbah. Tirosin dan triptofan lebih mudah dihilangkan daripada zat seperti fulvik melalui proses pengolahan biologis (Wen *et al.*, 2023).

2.5 Karakteristik *Dissolved Organic Matter* (DOM)

Dissolved Organic Matter (DOM) dapat diidentifikasi dan diukur dengan parameter *Dissolved Organik Carbon* (DOC), *Total Organic Carbon* (TOC), *Chemical Oxygen Demand* (COD) ataupun absorpsi dengan menggunakan sinar UV 254 (Matilainen *et al.*, 2011) Sedangkan dalam penelitian ini, akan

dilakukan pengukuran dengan *fluorescence* EEM, UV-254, parameter COD, parameter TSS serta parameter fisik-kimia yang dapat menggambarkan kondisi lingkungan sekitar.

Salah satu kesulitan dalam analisis DOM dalam karakterisasi air yaitu kurangnya prosedur fraksinasi yang sesuai untuk menghasilkan senyawa murni. Dalam karakterisasi DOM secara efektif, perlu dilakukan isolasi dan fraksinasi terlebih dahulu menjadi kelompok-kelompok molekul yang terpisah dengan sifat fisika-kimia yang serupa. Adapun metode fraksinasi fisika yang tersedia meliputi elektroforesis dan ultrafiltrasi. Sedangkan untuk fraksinasi kimia menggunakan metode pengendapan, eksitasi pelarut, dan kromatografi adsorpsi (Sillanpää, Matilainen and Lahtinen, 2015).

Senyawa organik dalam perairan alami dapat diklasifikasikan menjadi enam kelompok utama, yaitu asam hidrofilik, karboksilat, asam amino, zat humat, karbohidrat, dan hidrokarbon. Terdapat zat humik (*hydrophobic*) yang terdiri dari asam humat dan asam fulvat (Matilainen *et al.*, 2011). Berikut pada Tabel 2. 3 usulan fraksi DOM yang dipisahkan dengan teknik fraksinasi.

Tabel 2. 3 Usulan Fraksi *Dissolved Organic Matter*

Fraction	Organic Compound Class	References
<i>Humic Acid</i>	<i>Portion of humic substances precipitated at pH 1</i>	Pearuvuori et al. (1997)
<i>Hydrophobic Acid</i>	<i>Soil fulvic acids, C5–C9 aliphatic carboxylic acids, 1- and 2-ring aromatic carboxylic acids, 1- and 2-ring phenols</i>	Leenher (1981), Aiken et al. (1992), Marhaba et al. (2000), and Barber et al. (2001)
<i>Hydrophobic base</i>	<i>1- and 2-ring aromatics (except pyridine), proteinaceous substances</i>	Leenher (1981), Marhaba et al. (2000), and Barber et al. (2001)
<i>Hydrophobic neutral</i>	<i>Mixture of hydrocarbons, >C5 aliphatic alcohols, amides, aldehydes, ketones,</i>	Leenher (1981), Marhaba et al. (2000), and Barber et al. (2001)

Fraction	Organic Compound Class	References
	<i>esters, >C9 aliphatic carboxylic acids and amines, >3 ring aromatic carboxylic acids and amines</i>	
<i>Hydrophilic acid</i>	<i>Mixtures of hydroxy acids, <C5 aliphatic carboxylic acids, polyfunctional carboxylic acidsPyridine</i>	Leenher (1981), Aiken et al. (1992), Marhaba et al. (2000), and Barber et al. (2001) Leenher
<i>Hydrophilic base</i>	<i>Pyridine, amphoteric proteinaceous material (i.e. aliphatic amino acids, amino sugars,</i>	Leenher (1981), Marhaba et al. (2000), and Barber et al. (2001
<i>Hydrophilic neutral</i>	<i>< C5 aliphatic alcohols, polyfunc- tional alcohols, short-chain aliphatic amines, amides, aldehydes, ketones, esters, cyclic amides, polysaccharides, and carbohydrates</i>	Leenher (1981), Marhaba et al. (2000), and Barber et al. (2001)

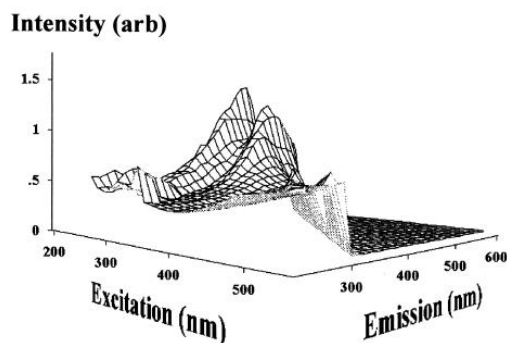
Sumber: (Matilainen *et al.*, 2011)

Reaksi antara klor dan *Dissolved Organic Matter* (DOM) dalam air limbah pada *secondary effluent* dapat menghasilkan produk sampingan desinfeksi (DBPs). DBPs Nitrogen (N-DPBs), seperti *haloacetonitriles* (HANs), *halonitromethanes* (HNMs), and *N-nitrosamines* (NAs), seringkali terdeteksi pada tingkat ng L–1 –µg L–1 pada *chlor(am)inated secondary effluent*. Senyawa ini memiliki toksisitas dan risiko kesehatan yang lebih tinggi daripada Trihalometana (THMs). Pembentukan N-DBPs dari DOM sangat bergantung pada sifat DOM, misalnya kandungan nitrogen, hidrofobitas, absorbansi UV spesifik (SUVA), dan distribusi berat molekul. Fraksi dengan berat molekul rendah (<1 kDa) dari DOM cenderung

berkontribusi lebih banyak terhadap pembentukan N-DPBs selama klorinasi dibandingkan dengan fraksi-fraksi dengan berat molekul tinggi (>3 kDa) (Peng *et al.*, 2022).

Parameter *Fluorescence* EEM merupakan suatu metode analisis spektrokimia untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi kandungan senyawa-senyawa organik di dalam air berupa molekul-molekul yang dapat dipancarkan melalui radiasi pada panjang gelombang tertentu. *Fluorescence* EEM memberikan informasi mengenai struktur sub-status humat berupa intensitas dan Lokasi puncak yang kemudian dikorelasikan dengan sifat strukturalnya (Rodríguez-Vidal *et al.*, 2020). *Fluorescence* EEM menjadi metode yang digunakan untuk mengidentifikasi DOM, karena komponen *fluorescence* sering mendominasi DOM (Yan *et al.*, 2023). Selain itu, Teknik *fluorescence* ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan metode konvensional, karena selektivitas dan sensitivitasnya yang lebih baik (Bieroza, Baker and Bridgeman, 2009).

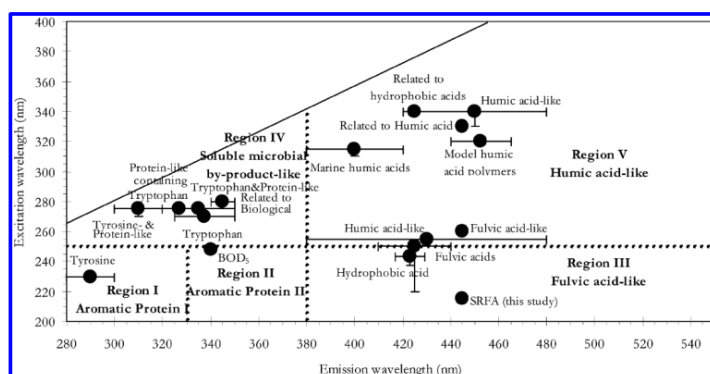
Analisis dengan *Fluorescence* EEM dilakukan pada berbagai Panjang gelombang eksitasi dan emisi dalam mengukur intensitas *Fluorescence*. EEM ini menunjukkan spektrum emisi dan eksitasi yang cukup luas, yang mana fraksi DOM memiliki puncak EEM yang terletak pada pasangan panjang gelombang eksitasi dan emisi yang berbeda (Chen *et al.*, 2003). Penggunaan parameter *Fluorescence* EEM pada analisi kualitas air dapat memberi informasi mengenai sumber pencemar, komposisi senyawa organik, dan perubahan kualitas air dari waktu ke waktu (Marhaba, Van and Lippincott, 2000). Pada Gambar 2. 8 berikut merupakan gambaran dari matriks eksitasi-emisi.



Gambar 2. 8 Panjang Gelombang Eksitasi dan Emisi

Sumber: (Marhaba, Van and Lippincott, 2000)

Garis horizontal dan vertical ditarik untuk membagi EEM ke dalam lima wilayah dengan menggunakan batas panjang gelombang eksitasi dan emisi yang konsisten untuk setiap EEM. Puncak-puncak EEM dikaitkan dengan senyawa organik seperti humat, tirosin, triptofan, dan fenol. Puncak Panjang gelombang eksitasi yang lebih pendek (<250 nm) dan Panjang gelombang emisi yang lebih pendek (<350 nm) terkait dengan protein aromatic sederhana, seperti tirosin (daerah I dan II). Puncak Panjang gelombang eksitasi menengah ($250\text{--}280$ nm) dan Panjang gelombang yang lebih pendek (<380 nm) terkait dengan bahan yang dapat larut (daerah IV). Puncak pada Panjang gelombang eksitasi lebih Panjang (>280 nm) dan Panjang gelombang emisi yang lebih Panjang (>380 nm) terkait dengan bahan organik seperti asam humat (wilayah V) (Chen *et al.*, 2003). Pembagian wilayah tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2. 9 Pembagian Wilayah Senyawa Protein dan Aromatik

Sumber: (Chen *et al.*, 2003)

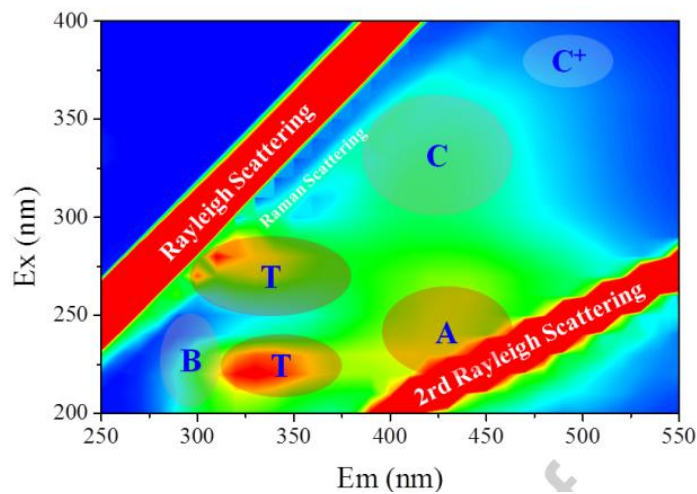
Adapun penentuan posisi puncak pada beberapa komponen bahan organik dengan menggunakan EEM ditunjukkan pada Tabel 2. 4

Tabel 2. 4 Komponen Fluorosensi berdasarkan Panjang Gelombang Eksitasi dan Emisi

<i>Peak</i>	<i>Excitation Peak (nm)</i>	<i>Emission Peak (nm)</i>	<i>Fluorescent components</i>
B	230	300	<i>Tyrosine-like structure</i>
T1	230	325-350	<i>(tryptophan-like structure with at least one aromatic ring</i>
T2	280	325-350	<i>(tryptophan-like structure with at least one aromatic ring</i>
A	250	400-450	<i>(Fulvic-like)</i>
C	300-350	400-460	<i>humic-like structure with two or more aromatic rings</i>
C+	380	480	<i>allochthonous structure with two or more aromatic rings or microbially produced substances</i>

Sumber: (Chen and Yu, 2021)

Karakterisasi DOM dilakukan dengan menggunakan pasangan panjang gelombang eksitasi dan emisi dalam mengidentifikasi fluorofor. Identifikasi dilakukan berdasarkan lokasi puncak *fluorescence* pada plot kontur *fluorescence* EEM. Plot kontur dalam analisis dengan *fluorescence* EEM ditunjukkan pada



Gambar 3. 1 Plot Analisis *Fluorescence*

Sumber: (Chen and Yu, 2021)

2.6 Parameter Pengujian

2.6.1 Parameter Fisik-Kimia

1. Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter penting yang dapat mempengaruhi proses fisik, kimia, dan biologi dalam ekosistem perairan (Teknologi Lingkungan *et al.*, 2023). Suhu yang tinggi dapat mengakibatkan kandungan oksigen terlarut dalam air menjadi menurun dan berdampak pada kematian organisme. Kenaikan suhu sebesar 10°C dapat menyebabkan penurunan kadar oksigen terlarut sebesar 10% dan mempercepat metabolisme dua kali lipat (Indrayani and Rahmah, 2018).

2. *Potensial Hydrogen* (pH)

Potensial Hydrogen (pH) merupakan derajat keasaman yang digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan dari suatu larutan. Nilai pH menjadi ukuran untuk konsentrasi ion hidrogen dalam larutan akuatik. Nilai pH air menunjukkan tingkat keasaman atau jumlah ion hidrogen yang berada dalam suatu larutan dan akan mempengaruhi kehidupan biologi di dalamnya. Nilai pH pada air seharusnya netral, tidak terlalu asam maupun terlalu basa

berada pada rentang nilai pH yaitu 6-9. pH yang netral menunjukkan bahwa air limbah aman untuk dibuang ke lingkungan dan tidak akan merusak kehidupan organisme di sekitarnya (Sulistia *et al.*, 2019). pH atau derajat keasaman ini menjadi faktor penting dalam proses pengolahan air untuk perbaikan kualitas air (Djoharam, Riani and Yani, 2018)

3. Kekeruhan

Kekeruhan menjadi parameter penting dalam penilaian kualitas air limbah karena mengindikasikan tingkat kejernihan air akibat adanya bahan tersuspensi, seperti padatan, lumpur, pasir, dan bahan organik lainnya (Teknologi Lingkungan *et al.*, 2023). Tingginya kekeruhan dapat menghambat penetrasi cahaya ke dalam kolom air, mengganggu proses fotosintesis organisme akuatik (Tarigan & Edward, 2003). Kekeruhan dapat digunakan dalam pengukuran koloidal pada air, namun bahan organik yang berbentuk koloidal memiliki konsentrasi yang rendah. Oleh karena itu, kekeruhan tidak dapat digunakan sebagai parameter yang kuat untuk mengidentifikasi keberadaan bahan organik. Namun, kekeruhan masih dapat digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan suatu zat organik karena dapat angka kekeruhan dapat mengindikasikan adanya bahan organik di air.

4. Daya Hantar Listrik (DHL)

Daya hantar listrik merupakan kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik (Lestari Riyandini, Studi Teknik Lingkungan and Tinggi Teknologi Industri Padang, 2020). Parameter ini digunakan untuk mengukur kemampuan ion-ion dalam air untuk menghantarkan Listrik dan memprediksi kandungan mineral dalam air (Teknologi Lingkungan *et al.*, 2023). Semakin tinggi ion-ion terlarut, maka semakin tinggi pula nilai konduktivitas listriknya.

2.6.2 Dissolved Oxygen (DO)

Menurut SNI 6989.57:2008 *Dissolved Oxygen* (DO) adalah jumlah oksigen terlarut dalam air yang dinyatakan dalam satuan miligram O_2 per liter atau ppm. DO menjadi salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui kualitas dari air limbah, karena jika angka DO berada di bawah baku mutu, maka dapat menandakan adanya penurunan kualitas air. Kecilnya angka DO dapat disebabkan oleh adanya pencemaran pada air tersebut (Sutisna, 2018).

Dissolved Oxygen berkaitan erat dengan parameter seperti *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen Demand* (COD). BOD mencerminkan jumlah oksigen yang dibutuhkan mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik secara biologis, sehingga nilai BOD yang tinggi akan berbanding terbalik dengan nilai DO yang rendah. Begitu juga dengan COD yang menunjukkan kebutuhan oksigen secara kimia untuk menguraikan bahan organik, apabila nilai COD tinggi maka nilai DO rendah. Hal tersebut disebabkan nilai COD dan BOD yang tinggi dapat menyebabkan penurunan oksigen terlarut, karena mikroorganisme dalam air menggunakan oksigen tersebut (Fadzry, 2021).

2.6.3 UV-254

Parameter UV digunakan untuk menganalisis kualitas air melalui identifikasi zat-zat organik dengan cara mengukur tingkat penyerapan suatu cahaya *ultraviolet*. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang yang berbeda yaitu pada Panjang gelombang 220-280 untuk mengukur kandungan bahan organik pada contoh uji air (Matilainen et al., 2011). Sedangkan UV-254 digunakan untuk pengukuran kandungan bahan organik dalam air. Metode pengukuran ini bekerja dengan menyalakan cahaya *ultraviolet* dengan panjang gelombang 254 nm. Pengukuran dengan UV 254 digunakan sebagai parameter yang dapat mengindikasikan adanya senyawa aromatik kandungan zat *humic* (W. Chen & Yu, 2021). Pengukuran ini sangat penting dalam mempelajari keberadaan senyawa aromatik yang menjadi komponen penting dalam DOM.

2.6.4 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) adalah jumlah oksigen yang diperlukan untuk menguraikan seluruh bahan organik yang terkandung dalam air secara kimia. Segala macam bahan organik, baik yang mudah terurai, sulit terurai maupun kompleks akan tetap dapat diuraikan, karena bahan organik diurai secara kimia menggunakan oksidator kuat dalam kondisi asam dan panas dengan katalisator perak sulfat (Dameanti *et al.*, 2022). Pengujian COD dilakukan dengan refluks tertutup secara spektrofotometri, yang mana prinsip pengujian yaitu senyawa organik dan anorganik pada contoh uji dioksidasi oleh $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dalam refluks tertutup menghasilkan Cr^{3+} dan sisa Cr^{6+} . Jumlah oksidan yang dibutuhkan dinyatakan dalam ekivalen oksigen (O_2 mg/l) diukur secara spektrofotometri sinar tampak dengan Panjang gelombang 420 nm untuk ion Cr^{6+} dan 600 nm untuk ion Cr^{3+} (SNI 6989.02:2019).

2.6.5 Total Suspended Solid (TSS)

Total Suspended Solid (TSS) merupakan padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik dan dapat disaring dengan kertas Millipore berukuran 0,45 μm (Indrayani and Rahmah, 2018). Nilai TSS yang tinggi dapat mempengaruhi kualitas air, karena dapat mengurangi penetrasi matahari ke dalam badan air sehingga dapat menurunkan aktivitas fotosintesa pada tumbuhan air (Sulistia *et al.*, 2019). Pengujian parameter TSS dilakukan secara gravimetri dengan prinsip penyaringan contoh uji dengan media penyaring yang telah diketahui beratnya. Kemudian residu yang tertahan pada media penyaring dikeringkan pada kisaran suhu 103°C- 105°C hingga berat tetap. Kenaikan berat saringan mewakili TSS (SNI 06-6989.3-2004).

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai acuan dalam penelitian yang akan dilakukan. Pada Tabel 2. 5 merupakan rangkuman hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu yang digunakan sebagai referensi terkait kandungan DOM dalam air limbah.

Tabel 2. 5 Penelitian Terdahulu

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	(Chen <i>et al.</i> , 2003)	<i>Fluorescence Excitation-Emission Matrix Regional Integration to Quantify Spectra for Dissolved Organic Matter</i>	Mengembangkan metode kuantitatif dalam menganalisis <i>Dissolved Organic Matter</i> dengan <i>Fluorescence EEM</i> dan Teknik FRI, yang mana EEM dipecah menjadi lima wilayah berdasarkan karakteristik fluoresensi dan fraksi DOM. Fraksi <i>Hydrophobic neutral</i> menunjukkan volume EEM kumulatif tertinggi.
2.	(Hudori <i>et al.</i> , 2020)	<i>Characterization of dissolved organic matter at a water treatment plant with closed systems in different seasons</i>	Penelitian ini berfokus di Instalasi Pengolahan Air Minum dengan system tertutup pada musim dingin dan musim panas. Didapatkan hasil bahwa konsentrasi DOM lebih tinggi pada saat musim panas dibandingkan pada saat musim dingin, ditunjukkan dengan nilai DOC, UV260, SUVA, dan intensitas fluoresensi. Selain itu, didapatkan hasil bahwa pada air daur ulang mengandung <i>protein-like</i>
3.	(Sururi <i>et al.</i> , 2021)	<i>Characterization of Fluorescent Dissolved Organic Matter in an Affected Pollution Raw Water Source using an Excitation Emission Matrix and PARAFAC</i>	Penelitian ini mengenai identifikasi dan karakterisasi asal-usul dari <i>Dissolved Organic Matter</i> yang mencemari Sungai Cikapundung, yang mana Sungai Cikapundung dimanfaatkan sebagai sumber air baku oleh penduduk. Identifikasi dilakukan dengan metode EEM dan PARAFAC, dengan parameter yang diuji yaitu UV-254 dan COD. Didapatkan hasil bahwa terdapat senyawa utama, yaitu <i>water-contaminant like</i> , <i>humic-like</i> , dan <i>tryptophan-like</i> . Diketahui pula bahwa terdapat hubungan yang kuat antara

No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			<i>water-contaminat like</i> dan <i>tryptophan-like</i> .
4.	(Rodríguez-Vidal <i>et al.</i> , 2020)	<i>Characterization of urban and industrial wastewaters using excitation-emission matrix (EEM) fluorescence: Searching for specific fingerprints</i>	Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi dan mengidentifikasi sumber-sumber limbah air perkotaan dan industri dengan EEM. Didapatkan hasil bahwa karakteristik fluoresensi air limbah tergantung sumbernya. Limbah perkotaan yang berasal dari limbah rumah tangga cenderung memiliki fluoresensi yang lebih tinggi dibandingkan dengan limbah dari industri. Di antara berbagai jenis industri, industri makanan memiliki karakteristik fluoresensi yang lebih kuat.
5.	(Chen <i>et al.</i> , 2024)	<i>Fast Tracking and Detection of Organic Matter in an Urban Sewage Treatment Plant Using Fluorescence Spectroscopy and UV-Vis Absorption Spectroscopy</i>	Terdapat korelasi positif antar komponen DOM yang mengandung <i>tryptophan</i> dengan COD, menandakan bahwa senyawa protein dan nitrogen dalam DOM berperan dalam peningkatan COD. Pada penelitian ini juga menunjukkan bahwa spektroskopi fluoresensi dan UV-Vis dapat digunakan dalam pengukuran COD pada air limbah dengan hasil yang cepat dan tanpa perlakuan awal dibandingkan dengan pengujian konvensional.
6.	(Yang <i>et al.</i> , 2019)	<i>Contribution of dissolved organic matter to chemical oxygen demand in three Chinese lakes and in treated sewage</i>	Pada penelitian ini membahas mengenai peran DOM terhadap COD pada tiga danau dan air limbah yang telah diolah. Penelitian ini menggunakan Teknik fraksinasi resin untuk memisahkan DOM berdasarkan sifat hidrofobik dan hidrofiliknya. Didapatkan hasil kebutuhan oksigen yang

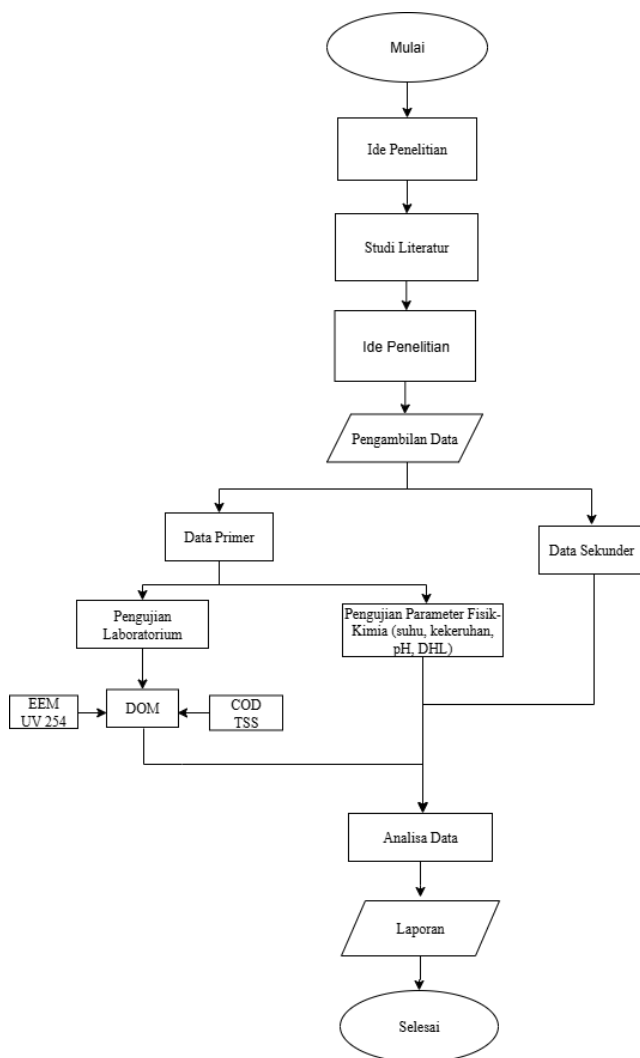
No	Penulis	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			<p>disebabkan oleh bahan organik hidrofobik adalah 10,20 mg / L (27% dari COD total) dan dari bahan organik hidrofilik adalah 3,08 mg / L (8% dari COD total. Di Danau Yangzonghai, bahan organik hidrofilik menyumbang 42% dari total COD, sedangkan bahan organik hidrofobik hanya menyumbang sekitar 18%. Di Danau Dianchi, bahan organik hidrofobik dan hidrofilik yang diserap oleh resin sebanding. Dalam limbah yang diolah, rata-rata sekitar 21% dari TCOD berasal dari bahan organik hidrofobik dan 13% dari bahan organik hidrofilik.</p>

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Kerangka Studi/Penelitian/Perencanaan

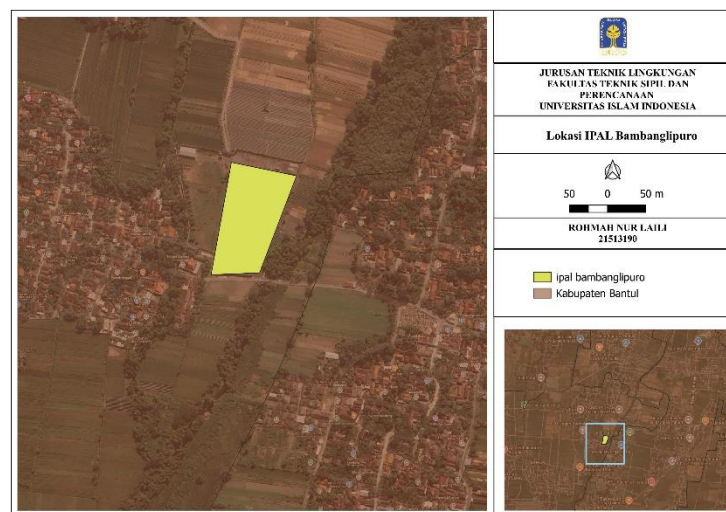
Terdapat kerangka penelitian yang digunakan untuk menggambarkan tahapan-tahapan yang dilakukan selama proses penelitian, mulai dari tahap observasi awal hingga analisis dan pelaporan hasil. Adapun kerangka penelitian yang dilakukan terdapat dalam Gambar 3. 2 berikut.



Gambar 3. 2 Kerangka Penelitian

3.2 Waktu dan Lokasi

Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, yang dilaksanakan pada bulan April-Juli 2025. Penelitian berfokus pada identifikasi kandungan Dissolved Organic Matter (DOM) guna mengetahui efektivitas unit-unit pengolahan IPAL Bambanglipuro dalam menurunkan kadar DOM dalam air limbah. Sampel air yang diambil berasal dari Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Bambanglipuro. IPAL Bambanglipuro terletak di Dusun Kintelan, Sumbermulyo, Bambanglipuro, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 kali dengan waktu yang berbeda. Pengambilan sampel pertama dilakukan tanggal 2 Mei 2025 pada pukul 09.30-14.00. Sedangkan pengambilan sampel kedua dilakukan pada tanggal 10 Juli 2025 pada pukul 10.00-14.00.



Gambar 3. 3 Lokasi IPAL Bambanglipuro

3.3 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam pengujian di laboratorium dapat ditunjukkan pada Tabel 3. 1.

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan

Nama Barang	Satuan	Jumlah
Alat		
Botol Sampel 1 L	Buah	15
Gelas Kimia 500 ml	Buah	3
pH meter	Buah	1
Oven	Buah	1
Erlenmayer 250 ml	Buah	6
Pipet Volume 10 ml	Buah	1
Corong Kaca	Buah	6
Konduktimeter	Buah	1
Turbidimeter	Buah	1
Spektrofotometer UV-Vis (Hitachi UH 5300)	Buah	1
Spektrofluorometer (Shimadzu RF 6000)	Buah	1
Kuvet	Buah	3
<i>Vaccum Filtration</i>	Buah	1
<i>Digestion Tube</i>	Buah	6
Thermoreaktor	Buah	1
Desikator	Buah	1
Bahan		
Sampel Air Limbah per titik	L	1 L
Kertas Saring Whatman	Lembar	15
Aquades	L	2
Kertas Saring 0,45 μm	lembar	15
Larutan Pencerna	mL	100
Larutan Pereaksi Asam Sulfat	mL	200
H ₂ SO ₄ 1:1	mL	20

3.4 Jenis dan Variabel Penelitian

Penelitian yang dilakukan tergolong kedalam jenis penelitian kuantitatif dengan variabel utama yaitu parameter uji DOM, berupa Fluorescence EEM, UV-254, COD, dan TSS. Kemudian terdapat variabel pendukung berupa parameter fisik-kimia yang terdiri dari suhu, kekeruhan, pH, DO dan daya hantar listrik. Data-data yang digunakan pada penelitian ini berupa data primer, yang diperoleh langsung dari sampel yang diuji di laboratorium maupun data hasil uji in situ.

3.5 Pengumpulan Data

3.5.1 Data Primer

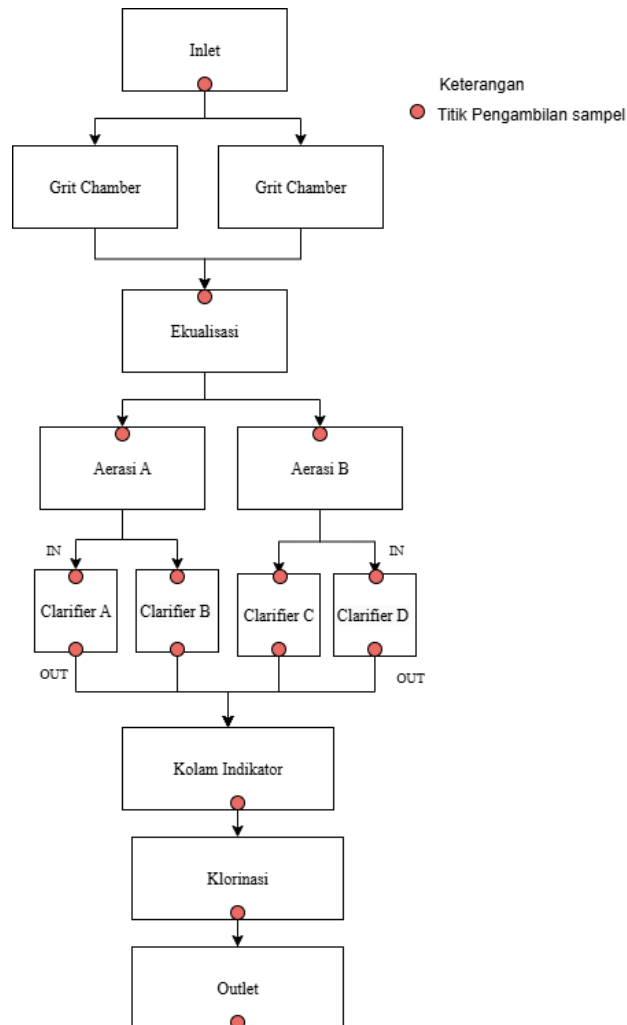
Data primer diperoleh dari hasil pengujian baik parameter fisik-kimia maupun parameter laboratorium yang dilakukan pada sampel air limbah.

3.5.2 Sampel Air

Sampel air yang diambil berasal dari 15 titik, yaitu sumber air limbah domestik, outlet unit grit chamber, outlet unit ekualisasi, outlet unit aerasi, outlet unit clarifier, outlet unit chlorinasi dan outlet pengolahan air limbah. Adapun letak titik-titik pengambilan sampel terdapat pada Gambar 3. 4. Metode pengambilan sampel air limbah mengacu pada SNI 8990:2021 Tentang Metode Pengambilan Contoh Uji Air Limbah untuk Pengujian Fisika dan Kimia. Sampel air diambil dengan menggunakan metode grab sampling (pengambilan contoh sesaat). Sebelum pengambilan sampel air, terlebih dahulu dilakukan pembilasan alat pengambil sampel dan botol sampel HDPE minimal tiga kali dengan pengambilan sampel sebanyak 1 liter pada tiap titik sampling serta sampel sebanyak 50 ml untuk uji COD. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak dua kali dengan waktu yang berbeda. Hal ini bertujuan untuk mendapatkan data yang cukup akurat untuk dianalisis lebih lanjut dan mengetahui konsistensi karakteristik setiap parameter dari masing-masing sampel.

Pendistribusian sampel air menuju tempat uji dilakukan dengan wadah tertutup dan dimasukkan ke dalam tempat pendingin agar terhindar dari paparan sinar matahari serta menjaga kualitas sampel tersebut. Sampel yang akan dianalisis pada hari berikutnya perlu dimasukkan ke dalam

pendingin dengan suhu $\leq 6^{\circ}\text{C}$ untuk menjaga kualitasnya.



Gambar 3. 4 Titik Sampling Air Limbah

Adapun sampel yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada

Tabel 3. 2 Jenis Sumber Sampel Air

No.	Jenis Sumber Air	Kode Sampel
1.	IT	Inlet
2.	Grit Chamber	GC
3.	Outlet Ekualisasi	EO
4.	Outlet Aerasi	AO
5.	Outlet Clarifier	OC
6.	Outlet Clarifier	OC

No.	Jenis Sumber Air	Kode Sampel
7.	Indikator	IN
8.	Klorinasi	KL
9.	Outlet	OT

3.5.3 Pengujian Sampel Air

Pengujian sampel dilakukan berdasarkan 2 parameter, yaitu pengujian parameter fisik-kimia berupa suhu, pH dan DO yang dilakukan secara in situ. Sedangkan parameter fisik-kimia berupa kekeruhan dan daya hantar listrik dilakukan di laboratorium. Parameter-parameter tersebut merupakan parameter yang mewakili kondisi lingkungan sampel yang diambil. Selain itu, terdapat parameter laboratorium yang dapat digunakan untuk menggambarkan karakteristik DOM dalam sampel air limbah, meliputi Fluorescence EEM, UV-254, parameter COD, dan parameter TSS. Pengujian tersebut dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Program Studi Teknik Lingkungan. Adapun metode dan acuan yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 3. 3 Metode dan Acuan Parameter Fisik-Kimia

No	Parameter	Metode/alat	Satuan	Acuan
1	Suhu	Termometer	°C	SNI 06-6989.23-2005
2	Kekeruhan	Turbidimeter	NTU	SNI 06-6989.25-2005
3	pH	pH meter	-	SNI 06-6989.11-2019
4	Daya Hantar Listrik	Konduktimeter	$\mu\text{mhos/cm}$	SNI 06-6989.23-2019
5.	<i>Dissolved Oxygen</i>	DO meter	mg/L	SNI 6989.57:2008

Adapun cara uji untuk parameter-parameter tersebut sebagai berikut:

1. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan termometer air raksa yang dicelupkan ke dalam sampel dan dibiarkan selama kurang lebih 2 menit sampai termometer menunjukkan nilai yang stabil. Kemudian catat pembacaan skala pada termometer tanpa mengangkat terlebih

dahulu termometer dari air. Pengukuran ini didasarkan pada SNI 06-6989.23-2005.

2. Daya Hantar Listrik

Pengukuran daya hantar listrik dilakukan menggunakan alat konduktimeter dengan tipe WTW Multi 3620 IDS. Pengukuran dilakukan dengan cara memasukkan elektroda yang sudah dibilas dengan aquades ke dalam gelas kimia yang telah diisi sampel hingga indikator pada alat berhenti. Kemudian baca dan catat hasil dari pengukuran yang ditampilkan pada layar. Dilakukan pembilasan dengan akuades pada elektroda setiap akan melakukan pengujian sampel berikutnya agar tidak terjadi kontaminasi pada sampel sebelum dan setelahnya sehingga didapatkan hasil uji yang akurat. Pengukuran ini didasarkan pada SNI 06-6989.23-2019.



Gambar 3. 5 Konduktimeter

3. Kekeruhan

Pengukuran kekeruhan dilakukan menggunakan alat turbidimeter tipe Lutron TU-2016. Pengukuran dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan pembilasan akuades pada tabung uji. Kemudian

dimasukkan sampel air limbah dengan volume sekitar 80% dari tabung uji. Tabung uji dimasukkan ke dalam alat dan tunggu hingga indikator pada layar berhenti. Kemudian baca dan catat hasil yang ditampilkan pada layar. Apabila akan dilakukan pengujian pada sampel berikutnya, terlebih dahulu dilakukan pembilasan dengan akuades pada tabung uji agar tidak tercampur dengan sampel sebelumnya. Pengujian dengan alat turbidimeter berdasarkan pada SNI 06-6989.25-2005.



Gambar 3. 6 Turbidimeter

4. pH

Pengukuran dilakukan dengan pH meter tipe LAQUAact EC-110K yang telah terkalibrasi dan dibersihkan elektrodanya menggunakan akuades sebelum digunakan. Pengukuran dilakukan dengan cara memasukkan elektroda ke dalam sampel air limbah yang ada pada gelas kimia hingga indikator pada pH meter menunjukkan pembacaan yang stabil. Kemudian baca dan catat hasil pengukuran yang ditampilkan pada layar alat pH meter. Pengujian dengan alat pH meter berdasarkan SNI 06-6989.11-2019.



Gambar 3. 7 pH meter

5. *Dissolved Oxygen (DO)*

Pengukuran DO dilakukan menggunakan alat DO meter tipe LAQUAAact EC-110K bersama dengan pengukuran pH meter. Pengukuran dilakukan dengan cara memasukkan elektroda yang sudah dibilas dengan aquades ke dalam gelas kimia yang telah diisi sampel dengan sedikit menggoyangkan probe. Kemudian baca dan catat hasil dari pengukuran yang ditampilkan pada layar. Dilakukan pembilasan dengan akuades pada elektroda setiap akan melakukan pengujian sampel berikutnya agar tidak terjadi kontaminasi pada sampel sebelum dan setelahnya sehingga didapatkan hasil uji yang akurat. Pengujian dengan alat DO meter berdasarkan SNI 06-2425-1991 dan *Standard Methods* 4500-OG (2021). Berikut merupakan metode dan acuan untuk parameter uji DOM yang ditunjukkan pada Tabel 3. 4

Tabel 3. 4 Metode dan Acuan Parameter Uji DOM

No	Parameter	Metode/alat	Satuan	Acuan
1.	<i>Fluorescence</i> EEM	Spektrofluorometer	-	Rodríguez-Vidal, F. J., García-Valverde, M., Ortega-Azabache, B.,

No	Parameter	Metode/alat	Satuan	Acuan
				González-Martínez, Á., & Bellido-Fernández, A. (2020). Characterization of urban and industrial wastewaters using excitation-emission matrix (EEM) fluorescence: Searching for specific fingerprints. <i>Journal of Environmental Management</i> , 263, 110396.
2.	UV-254	Spektrofotometer UV-Vis	-	Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 22 nd Edition Section 5910
3.	<i>Chemical Oxygen Demand (COD) – Refluks tertutup</i>	Spektrofotometer UV-Vis	mg/L	SNI 6989.2 - 2019
4.	TSS	Gravimetri	mg/L	SNI 6989.3:2019

1. *Total Suspended Solid (TSS)*

Pengujian parameter TSS dilakukan dengan metode gravimetri sesuai SNI 6989.3:2019 Tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (TSS) secara Gravimetri. Media penyaring yang akan digunakan terlebih dahulu dibilas dengan 20 ml aquades lalu di oven pada suhu 103°C-105°C selama satu jam. Kemudian media penyaring dimasukkan ke dalam desikator hingga dingin. Setelah dingin, dilakukan penimbangan media penyaring yang akan digunakan sebagai berat media penyaring kosong

(wo). Penyaringan dilakukan dengan terlebih dahulu membasahi media penyaring menggunakan sedikit air bebas mineral, lalu ambil contoh uji dengan volume tertentu dan masukkan ke dalam media penyaring. Dilakukan pembilasan sebanyak 3 kali dengan masing-masing 10 ml air bebas mineral, lalu ditiriskan. Setelah itu, pindahkan media penyaring ke cawan petri dan masukkan ke dalam oven selama 1 jam pada suhu 103°C-105°C. Lalu dinginkan dalam desikator kemudian timbang sebagai w₁. Filtrat hasil penyaringan ini yang selanjutnya akan digunakan pada pengujian dengan FEEM dan UV 254.

2. *Fluorescence* EEM

Dilakukan pengukuran sampel dengan parameter *Fluorescence* EEM untuk mengetahui nilai *Fluorescence intensity*-nya menggunakan alat spektrofлуorometer (Shimadzu RF-6000). Alat tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. 8



Gambar 3. 8 (a) Spektrofлуorometer (Shimadzu RF-6000) (b)
Spektrofotometer UV-Vis (Hitachi UH-5300)

Proses pemindaian eksitasi dan emisi dilakukan pada rentang panjang gelombang eksitasi 220-450 nm dengan interval 5 nm dan panjang gelombang emisi 350-500 nm dengan interval 1 nm. Pada pengujian sampel, terlebih dahulu perlu dilakukan preparasi sampel dengan melakukan penyaringan pada sampel air limbah untuk menghilangkan pengotor yang dapat mengganggu proses analisis. Filtrat hasil penyaringan pada TSS dilakukan penyaringan kembali smenggunakan *vaccum filtration* dengan kertas filter ukuran 0,45 μm . Setelah itu, dilakukan

pengukuran sampel air limbah menggunakan Spektrofluorometer dengan terlebih dahulu melakukan pengukuran blanko sebelum dilakukan pengukuran pada contoh uji. Perlu dilakukan pembilasan kuvet dengan aquades contoh uji sebelum dilakukan pembacaan dengan alat. Hasil pengujian sampel disimpan dalam bentuk file excel dan gambar yang selanjutnya digunakan untuk analisis data.

3. UV 254

Pengukuran parameter UV-254 dilakukan dengan alat Spektrofotometer UV-Vis (hitachi UH-5300) yang dapat dilihat pada Gambar 3.8. Pengukuran diawali dengan melakukan optimalisasi spektrofotometer pada panjang gelombang 254 nm. Terlebih dahulu dilakukan pengukuran pada blanko sebelum nantinya dilakukan pengukuran pada contoh uji. Pengukuran pada blanko dilakukan untuk mengkalibrasi instrumen terhadap absorbansi. Pengukuran dilakukan dengan cara memasukkan blanko atau contoh uji ke dalam kuvet yang sebelumnya telah dibilas dengan aquades dan contoh uji yang akan diukur. Sebelum memasukkan kuvet ke dalam instrumen, kuvet dipastikan bersih dan kering agar tidak mengganggu hasil pembacaan pada instrument sehingga didapatkan hasil yang akurat. Hasil absorbansi yang ditampilkan dari instrumen disimpan dalam bentuk file PDF yang digunakan sebagai data penelitian.

4. *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengukuran parameter COD dilakukan dengan refluks tertutup secara metode spektrofotometri. Berdasarkan SNI 6989.2 – 2019, penentuan panjang gelombang didasarkan pada nilai COD. Panjang gelombang yang dipakai pada pengujian ini yaitu pada panjang gelombang 420 nm, karena nilai COD lebih kecil atau sama dengan 90 mg/l. Pengukuran diawali dengan melakukan pengenceran 2x pada sampel, dari sampel 5 ml diencerkan menjadi 10 ml. Kemudian, diambil sebanyak 2,5 mL sampel air limbah yang telah diencerkan ke dalam tabung refluks. Lalu ditambahkan digestion solution sebanyak 1,5 mL dan pereaksi asam sulfat sebanyak 3,5 mL ke dalam tabung refluks yang sudah terisi sampel.

Setelah itu, larutan-larutan dalam tabung refluks dihomogenkan dan dimasukkan ke dalam thermoreaktor selama 2 jam pada suhu 150°C. Selanjutnya dilakukan pendinginan hingga suhu ruang pada contoh uji yang sudah direfluks. Biarkan suspensi mengendap agar larutan yang akan diukur benar-benar jernih. Kemudian dilakukan pengukuran contoh uji menggunakan spektrofotometer, dengan terlebih dahulu melakukan pengukuran pereaksi asam sulfat sebagai blanko untuk mengkalibrasi instrumen terhadap absorbansi. Alat yang digunakan dalam pengukuran COD dapat dilihat pada Gambar 3. 9 berikut.



Gambar 3. 9 Spektrofotometer UV-Visible

3.5.4 Data Sekunder

Pengumpulan data sekunder dilakukan untuk mendapatkan informasi pendukung dalam penelitian ini yang meliputi spesifikasi alat Instalasi Pengolahan Air Limbah Bambanglipuro, data pengukuran influent dan effluent Instalasi Pengolahan Air Limbah Bambanglipuro, debit, dan dimensi. Data-data tersebut diambil dari operator IPAL yang kemudian dapat digunakan sebagai perbandingan dalam menilai kinerja sistem pengolahan dalam menghilangkan DOM.

3.6 Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan *software Microsoft Excel* dan *SPSS*, yang mana hasil uji dari kualitas sampel air limbah akan dikaitkan dengan karakteristik *Dissolved Organic Matter* dengan menggunakan metode *Peak-picking*. Metode *Peak picking* merupakan pengelompokkan hasil puncak yang diperoleh dari emisi, eksitasi serta *fluorescence intensity* DOM, diukur menggunakan alat Spektrofluorometer (Shimadzu RF-6000). Setelah adanya pengelompokkan puncak, dapat diketahui fraksi DOM pada sampel air limbah tergolong dalam *protein-like* atau *humic-like*.

Penentuan karakteristik kandungan DOM berdasarkan jenisnya dapat dilakukan dengan metode *peak picking* menggunakan titik puncak spesifik. Puncak spesifik dapat dianalisis berdasarkan nilai eksitasi emisi dengan data fluorescence EEM untuk mengidentifikasi peak B (struktur tyrosine-like, 230/300 nm), peak T (struktur tryptophan-like dengan dua aromatic ring, 230 dan 280/340 nm), peak A (struktur humic-like dengan aromatic rings, 250/400- 450 nm), peak C (struktur humic-like dengan dua atau lebih aromatic rings, 300-350/400-460 nm), dan C+ (struktur allochthonous dengan dua atau lebih aromatic rings atau diproduksi secara mikroba zat, 380/480 nm) (Chen and Yu, 2021).

Apabila data telah diperoleh, kemudian dilakukan uji korelasi antar parameter DOM dengan parameter EEM, parameter UV-254, parameter COD, dan parameter TSS untuk mengetahui keterkaitan antar parameter-parameter tersebut. Terlebih dahulu dilakukan uji normalitas sebagai langkah awal menganalisis data secara spesifik. Uji normalitas digunakan untuk mengetahui data terdistribusi normal atau tidak normal. Pengujian dilakukan dengan SPSS berdasarkan pada uji *Shapiro-Wilk* dengan taraf signifikansi 5% atau 0,05. Jika $P_{value} \geq 0,05$, maka distribusi data normal sedangkan jika $P_{value} < 0,05$ maka distribusi datanya tidak normal (Suryani, Syahribulan and Magfirah, 2019). Data yang tidak normal kemudian dapat dianalisis dengan statistik nonparametrik.

Hubungan pada setiap parameter dapat ditunjukkan melalui uji *korelasi Spearman* atau uji *korelasi pearson*. Berdasarkan uji normalitas yang telah dilakukan, didapatkan hasil tidak normal. Artinya, pengujian statistik lanjutan yang bisa dilakukan yaitu statistik nonparametrik dengan uji *korelasi Spearman*. Adanya uji korelasi ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh satu variabel terhadap variabel lainnya, yang mana uji korelasi ini dapat digunakan untuk menguji seberapa kuat hubungan antara parameter EEM dan parameter konvensional dalam mengetahui efektivitas unit pengolahan IPAL. Apabila didapatkan hubungan yang kuat dan baik antara parameter EEM dan parameter konvensional, maka pengujian efektivitas dengan EEM dapat dipilih karena kemungkinan hasil yang diperoleh antara keduanya tidak jauh.

Nilai korelasi yang semakin tinggi akan menunjukkan nilai hubungan antar variabel yang semakin erat. Nilai korelasi akan semakin tinggi apabila angkanya mendekati satu, namun apabila angka korelasinya semakin mendekati nol maka nilai korelasinya semakin lemah. Uji korelasi Spearman ini menggunakan koefisien korelasi yang besarannya terletak pada rentang antara -1, 0, dan 1. Apabila diperoleh koefisien korelasi -1, berarti terdapat hubungan negatif antar variabel. Sebaliknya, apabila diperoleh koefisien korelasi +1, berarti terdapat hubungan positif atau terjadi hubungan yang sangat kuat. Sedangkan untuk koefisien korelasi 0, berarti antar variabelnya tidak memiliki hubungan (Ali Gunawan, 2015). Berikut rumus uji korelasi *Spearman*.

$$r_s = \frac{\sum_{i=1}^n [R(x_i) - R(y_i)]^2}{n(n^2 - 1)} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d^2}{n(n^2 - 1)}$$

Sumber: (Syamsuar and Megayani, 2022)

Keterangan:

r_s	= koefisien korelasi rank-spearman
$R(x_i)$ dan $R(y_i)$	= ranking skor data variable X dan Y
X	= Jumlah data (<i>Sample size</i>)
Y	= nilai variabel Y

Hasil perhitungan dari koefisien korelasi dapat diinterpretasikan dengan tabel koefisien korelasi yang ditunjukkan pada Tabel 3. 5 berikut.

Tabel 3. 5 Interpretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien (+)	Tingkat Hubungan	Interval Koefisien (-)
0,00 – 0,199	Sangat Lemah	0,00 – (-0,199)
0,20 – 0,399	Lemah	-0,20 – (-0,399)
0,40 – 0,599	Sedang	-0,40 – (-0,599)
0,60 – 0,799	Kuat	-0,60 – (-0,799)
0,80 – 1,000	Sangat Kuat	-0,80 – (-1,000)

Sumber: (Ali Gunawan, 2015)

Fokus analisis yang dilakukan yaitu efisiensi unit-unit pengolahan di IPAL Bambanglipuro dalam menghilangkan kandungan DOM pada air limbah. Perhitungan efisiensi removal dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\text{Efektivitas IPAL (\%)} = \frac{\text{Kadar Inlet-Kadar Outlet}}{\text{Kualitas Inlet}} \times 100\%$$

Sumber: (Ulya, Dewajani and Ambarwati, 2024)

Sedangkan menurut (Susanti et al., 2020) hasil presentase IPAL yang didapatkan, dapat dikategorikan seperti yang terlihat pada Tabel 3. 6 berikut.

Tabel 3. 6 Kategori Hasil Persentase IPAL

Persentase	Kategori
$X > 80\%$	Sangat efisien
$60\% < x \leq 80\%$	Efisien
$40\% < x \leq 60\%$	Cukup efisien
$20\% < x \leq 40\%$	Kurang efisien
$x \leq 20\%$	Tidak efisien

BAB IV

WHASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Instalasi Pengolahan Air Limbah Bambanglipuro

Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Bambanglipuro merupakan salah satu fasilitas pengelolaan air limbah domestik yang dikelola oleh UPTD IPAL Kabupaten Bantul. IPAL ini berfungsi untuk mengolah limbah domestik dari permukiman agar aman sebelum dibuang ke lingkungan, sehingga membantu menjaga kualitas air tanah dan kesehatan masyarakat. Terdapat 7 unit pengolahan di IPAL Bambanglipuro, diantaranya yaitu unit grit chamber, unit ekualisasi, unit aerasi, unit *clarifier*, unit kolam indikator, unit klorinasi, dan unit *sludge drying bed*. Adapun dimensi dari masing-masing unit pengolahan terlihat pada tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Dimensi Unit Pengolahan

Unit Pengolahan	Panjang (m)	Lebar (m)
Grit Chamber	11,4	4,4
Ekualisasi	19,4	19,05
Aerasi	75,6	40,80
Clarifier	41	10,4

4.2 Karakteristik Limbah Domestik

4.2.1 Parameter Fisik-Kimia

Pengujian parameter fisik-kimia digunakan sebagai parameter lapangan yang dapat mewakili kondisi lingkungan sekitar tempat pengambilan sampel. Pengujian parameter fisik-kimia yang dilakukan oleh UPTD IPAL Bambanglipuro terdiri dari suhu dan pH seperti yang terlihat pada Lampiran 4.

Hasil pengujian parameter fisik-kimia yang telah dilakukan seperti yang terlihat pada Tabel 4. 4 dan Tabel 4. 5, apabila dibandingkan dengan data sekunder yang berasal dari UPTD IPAL Bambanglipuro, diketahui

bahwa nilai pH pada inlet berkisar antara 6-8,94 dan pada outlet berkisar antara 6-10,31. Sedangkan berdasarkan hasil pengukuran yang dilakukan ketika sampling, didapatkan hasil nilai pH inlet pada sampling satu sebesar 7,33 dan sampling kedua sebesar 7,48. Pada outlet didapatkan nilai pH pada sampling satu dan dua, yaitu sebesar 8,46 dan 8,67. Hasil tersebut dapat dikatakan tidak jauh berbeda dengan pengukuran yang dilakukan oleh UPTD IPAL Bambanglipuro. Sementara itu, hasil pengukuran DO yang dilakukan oleh UPTD IPAL Bambanglipuro pada inlet dan outlet, didapatkan hasil berkisar antara 2,47-9,94 untuk inlet dan hasil untuk outlet berkisar antara 5,15-9,49. Sedangkan hasil pengukuran yang dilakukan ketika sampling, didapatkan hasil untuk inlet sebesar 1,42 dan outlet sebesar 5,07. Hasil tersebut lebih rendah dibandingkan dengan pengukuran yang dilakukan oleh UPTD IPAL Bambanglipuro, yang dapat disebabkan adanya perbedaan suhu, aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik, serta perbedaan waktu dalam pengambilan sampel. Nilai DO berbanding terbalik dengan BOD, yang mana semakin tinggi beban organik maka semakin besar pula oksigen yang dikonsumsi oleh mikroorganisme sehingga nilai DO akan turun (Maddah, 2023).

4.2.2 Pengujian Unit Pengolahan

Terdapat beberapa parameter pengujian yang rutin dilakukan oleh UPTD IPAL Bambanglipuro guna memantau kualitas air limbah yang diolah agar tetap aman ketika akan dibuang ke lingkungan. Berikut merupakan pengujian parameter COD, pH, dan TSS yang dilakukan

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Unit Pengolahan Bulan Maret 2025

No.	Unit Pengolahan	Parameter		
		COD (mg/L)	pH	TSS (mg/L)
1.	Inlet	35	7,18	10
2.	Aerasi Barat	27	8,07	12
3.	Aerasi Timur	25	8,38	8
4.	Clarifier Barat	17	8,23	8
5.	Clarifier Timur	11	8,21	10

No.	Unit Pengolahan	Parameter		
		COD (mg/L)	pH	TSS (mg/L)
6.	Outlet	6	8,47	11

Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Unit Pengolahan Bulan Juni 2025

No.	Unit Pengolahan	Parameter		
		COD (mg/L)	pH	TSS (mg/L)
1.	Inlet	6	6,91	3
2.	Aerasi Barat	<3,18	6,90	10
3.	Aerasi Timur	<3,18	7,38	9
4.	Clarifier Barat	<3,18	7,37	7
5.	Clarifier Timur	<3,18	7,46	6
6.	Outlet	<3,18	7,623	5

Berdasarkan hasil pengujian dari UPTD IPAL Bambanglipuro seperti yang terlihat pada Tabel 4. 2 dan Tabel 4. 3, yang kemudian akan dibandingkan dengan hasil pengujian yang telah dilakukan seperti yang terlihat pada Gambar 4. 28 dan Gambar 4. 30. Dapat diketahui bahwa pada inlet terdapat perbedaan hasil COD yang cukup jauh antara pengujian dari UPTD IPAL Bambanglipuro dengan pengujian yang dilakukan. Hasil COD dari UPTD IPAL Bambanglipuro pada bulan April 2025 yaitu sebesar 35 mg/L sedangkan pada bulan Juni 2025 sebesar 6 mg/L. Kedua hasil tersebut berbeda jauh dengan pengujian COD yang dilakukan, yaitu sebesar 149,40 mg/L. Perbedaan yang cukup jauh juga terjadi pada hasil pengujian COD di unit aerasi dan clarifier, yang mana pada unit aerasi didapatkan hasil COD bulan April dan Juni yaitu sebesar 25-27 mg/L dan <3,18 mg/L. Sedangkan hasil pengujian yang dilakukan didapatkan hasil 54,25 mg/L. Kemudian pada unit clarifier didapatkan hasil COD pada bulan April dan Juni masing-masing sebesar 11-17 mg/L dan <3,18 mg/L. Terdapat perbedaan yang cukup jauh dengan pengujian yang dilakukan, yakni konsentrasi COD sebesar 82,54 mg/L. Sedangkan pada outlet, perbedaan konsentrasi COD tidak terlalu jauh. Pengujian dari UPTD IPAL Bambanglipuro menghasilkan konsentrasi COD sebesar 6 mg/L pada

bulan Maret dan konsentrasi COD sebesar <3,18 mg/L pada bulan Juni. Hasil pengujian COD yang telah dilakukan, didapatkan hasil konsentrasi COD sebesar 2,55 mg/L.

Sedangkan untuk hasil pengujian TSS, didapatkan hasil yang cukup jauh. Pada inlet kadar TSS berdasarkan hasil pengujian UPTD IPAL Bambanglipuro sebesar 10 mg/L pada bulan Maret dan 3 mg/L pada bulan Juni. Sedangkan berdasarkan hasil pengujian, didapatkan hasil kadar TSS sebesar 113 mg/L. Pada unit aerasi, kadar TSS berada pada kisaran 8-12 mg/L, sedangkan berdasarkan hasil pengujian didapatkan hasil kadar TSS sebesar 54 mg/L. Pada unit clarifier, didapatkan kadar TSS sebesar 6-10 mg/L. Berdasarkan hasil pengujian, didapatkan kadar TSS sebesar 63 mg/L. Pada outlet didapatkan hasil kadar TSS sebesar 11 mg/L pada bulan Maret dan 5 mg/L pada bulan Juni. Hasil tersebut tidak jauh berbeda dengan pengujian yang dilakukan yaitu sebesar 6 mg/L.

Adanya perbedaan pada pengujian parameter TSS dan COD ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya terdapat perbedaan waktu pengambilan air limbah sehingga kondisi air limbah bisa berbeda, perbedaan metode analisis dan alat yang digunakan, kondisi operasional IPAL yang berbeda atau berubah-ubah.

4.3 Pengujian karakteristik Fisik

Pengujian parameter fisik-kimia digunakan sebagai parameter lapangan yang dapat mewakili kondisi lingkungan sekitar tempat pengambilan sampel. Parameter fisik-kimia ini terdiri dari suhu, pH, DO, DHL, dan kekeruhan.

Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Parameter Fisik-Kimia pada Sampling 1

No.	Titik Sampling	Kode Sampel	Parameter			
			Suhu (°C)	pH	DHL (µS/cm)	Kekeruhan (NTU)
1	Inlet	IT	29,50	7,33	563,7	17,58
2	Grit Chamber	GC	29	7,35	571	17,39
3	Outlet Ekualisasi	EO	29	7.47	524.85	7.42
4	Outlet Aerasi	AO	30.25	8.23	494.5	12.36
5	Outlet Clarifier	OC	31	8.15	491.50	11.78
6	Indikator	IN	31	8,39	484,33	11,15

No.	Titik Sampling	Kode Sampel	Parameter			
			Suhu (°C)	pH	DHL (µS/cm)	Kekeruhan (NTU)
7	Klorinasi	KL	31	8,27	484,67	13,65
8	Outlet	OT	31,5	8,46	483	11,39

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, didapatkan nilai dari masing-masing parameter fisik-kimia. Nilai dari parameter suhu berada pada kisaran 29°C-31,5°C, yang mana suhu terendah terdapat pada sampel yang berasal dari Grit Chamber dan Outlet Ekualisasi. Sementara suhu tertinggi terdapat pada outlet.

Sedangkan nilai dari parameter pH setelah dilakukan pengukuran, didapatkan hasil pH pada kisaran 7,33-8,46. pH terendah sebesar 7,33 terdapat pada sampel yang berasal dari inlet sedangkan yang tertinggi berada pada sampel yang berasal dari outlet dengan nilai 8,46.

Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan, didapatkan nilai DHL berada pada kisaran 483- 571. Nilai tertinggi terdapat pada grit chamber dengan nilai 483 dan nilai terendah terdapat pada sampel air dari outlet dengan nilai DHL 571.

Pengukuran parameter kekeruhan berada pada kisaran 7,42-17,58 NTU. Nilai kekeruhan tertinggi terdapat pada sampel air yang berasal dari inlet dengan nilai kekeruhan 17,58 NTU sedangkan yang terendah berasal dari air sampel pada unit outlet ekualisasi dengan nilai kekeruhan 7,42 NTU.

Tabel 4. 5 Hasil Pengujian Parameter Fisik-Kimia pada Sampling 2

No.	Titik Sampling	Kode Sampel	Parameter				
			Suhu (°C)	pH	DO	DHL (µS/cm)	Kekeruhan (NTU)
1	Inlet	IT	28,5	7,48	1,42	640,33	27,48
2	Grit Chamber	GC	28	7,5	2,38	641	23,22
3	Outlet Ekualisasi	EO	27,9	7,55	1,76	586,34	10,45
4	Outlet Aerasi	AO	28,33	8,40	6,34	526,42	19,39
5	Outlet Clarifier	OC	28,88	8,42	5,14	524,58	14,52
6	Indikator	IN	30	8,53	5,83	519,67	18,70
7	Klorinasi	KL	30	8,63	5,28	519,67	18,13
8	Outlet	OT	30,50	8,67	5,07	519,67	17,07

Sedangkan hasil pengujian sampling 2 yang telah dilakukan, didapatkan nilai dari masing-masing parameter fisik-kimia. Nilai dari parameter suhu berada pada kisaran 27,8°C-30,5°C, yang mana suhu tertinggi terdapat pada outlet sedangkan terendah terdapat pada sampel yang berasal dari Outlet grit chamber. Berdasarkan Perda DIY No. 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, hasil yang diperoleh telah memenuhi baku mutu untuk parameter suhu yaitu $\pm 3^{\circ}\text{C}$ terhadap suhu udara, yang mana pada saat pengambilan sampel diketahui bahwa suhu udara sebesar 30°C. Hal tersebut berarti suhu udara yang memenuhi baku mutu yaitu 27°C-33°C.

Sedangkan nilai dari parameter pH setelah dilakukan pengukuran, didapatkan hasil pH pada kisaran 7,48-8,67. pH terendah sebesar 7,48 terdapat pada sampel yang berasal dari inlet sedangkan yang tertinggi berada pada sampel yang berasal dari outlet dengan nilai 8,67.

Hasil pengujian parameter DO menunjukkan bahwa nilai DO berada pada kisaran 1,42-7,88. Dapat dilihat terjadi peningkatan DO pada out aerasi dengan nilai DO tertinggi pada out aerasi A sebesar 7,88. Sedangkan nilai DO terendah terdapat pada inlet.

Pada parameter pengujian DHL, didapatkan nilai DHL berada pada kisaran 519,67-641 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Nilai tertinggi terdapat pada grit chamber sebesar 519,67 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dan nilai terendah terdapat pada sampel air dari outlet sebesar 641 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Pada pengukuran parameter kekeruhan diketahui bahwa nilai kekeruhan berada pada kisaran 10,45-27,48. Nilai kekeruhan tertinggi terdapat pada sampel air yang berasal dari inlet sedangkan yang terendah berasal dari air sampel pada unit outlet ekualisasi.

Berdasarkan hasil dari kedua sampling, dapat diketahui bahwa pada uji suhu yang memiliki suhu tertinggi yaitu outlet sedangkan suhu tertinggi terdapat pada Outlet grit chamber dan Ekualisasi. Suhu yang lebih rendah dibanding sampel lain disebabkan tertutupnya unit pengolahan sehingga tidak terkena sinar matahari secara langsung. Sedangkan tingginya suhu pada outlet disebabkan letak outlet yang berada di tempat terbuka sehingga langsung

terkena sinar matahari. Berdasarkan Perda DIY No. 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik, hasil yang diperoleh telah memenuhi baku mutu untuk parameter suhu yaitu $\pm 3^{\circ}\text{C}$ terhadap suhu udara, yang mana pada saat pengambilan sampel diketahui bahwa suhu udara sebesar 30°C . Hal tersebut berarti suhu udara yang memenuhi baku mutu yaitu pada kisaran 27°C - 33°C .

Sedangkan pada parameter pH, dari kedua sampling dapat diketahui bahwa pH tertinggi terdapat pada outlet dan pH terendah terdapat pada inlet. Pada kedua pengujian dapat dilihat bahwa terdapat kenaikan pH pada out Aerasi yang dapat disebabkan oleh adanya penghilangan gas karbon dioksida (CO_2) di dalam air, yang mana adanya (CO_2) ini dapat terlarut membentuk asam karbonat (H_2CO_3) yang melepaskan ion hidrogen (H^+), sehingga menyebabkan penurunan pH. Melalui proses aerasi, CO_2 terlarut dihilangkan dengan cara *degassing* yang menyebabkan berkurangnya H^+ dan menaikkan pH (Kirby, Dennis and Kahler, 2009). Sedangkan kenaikan pH pada outlet ini dapat disebabkan proses klorinasi dengan penambahan *Kalsium Hipoklorit* $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ yang dapat menaikkan pH ketika bereaksi dengan air karena menghasilkan $\text{Ca}(\text{OH})_2$ yang bersifat basa (Wiranti, Kadaria and Desmaiani, 2023). Dapat terlihat juga dengan adanya peningkatan suhu maka terjadi peningkatan pH. Hal ini dapat disebabkan suhu dapat meningkatkan laju reaksi kimia dalam air terutama asam-basa, sehingga ketika suhu naik maka pH juga akan naik (Yolanda, 2023). Nilai pH yang didapatkan telah memenuhi baku mutu PermenLHK No. 68 Tahun 2016 dan Perda DIY No. 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik yaitu sebesar 6-9.

Pada parameter DO nilai DO tertinggi terdapat pada unit aerasi sedangkan nilai DO terendah terdapat pada inlet. Kenaikan DO ini disebabkan karena pada proses aerasi dapat meningkatkan kadar oksigen terlarut dalam air (Febri, 2023). Penambahan DO pada unit aerasi di IPAL Bambanglipuro dilakukan dengan menginjeksikan udara bertekanan dari *air blower* melalui *plate diffuser*, membentuk *micro bubble* yang akan meningkatkan oksigen terlarut pada air. Kemudian terjadi peningkatan nilai DO pada kolam indikator

setelah pada beberapa unit sebelumnya menurun. Hal ini dapat disebabkan adanya terjunan pada kolam indikator yang dapat meningkatkan oksigen terlarut melalui aerasi alami. Sedangkan nilai DO terendah terdapat pada air sampel yang berasal air inlet. Hal ini disebabkan kandungan bahan organik yang tinggi sehingga oksigen terlarut banyak digunakan mikroorganisme untuk proses dekomposisi.

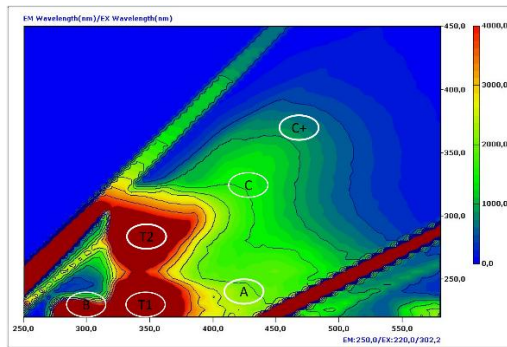
Pada parameter DHL Pengukuran DHL ini mengukur kemampuan dari air untuk menghantrakan listrik oleh ion-ion yang terkandung di dalamnya. Ion-ion ini dapat berasal dari garam terlarut dan senyawa anorganik, seperti alkali, klorida, sulfida, senyawa karbonat. Dapat diketahui bahwa nilai DHL tertinggi pada grit chamber sedangkan nilai terendah terdapat pada outlet. Tingginya DHL pada grit chamber ini karena pada unit grit chamber hanya dirancang untuk menghilangkan partikel berat, seperti pasir dan kerikil tetapi tidak menghilangkan ion-ion. Selain itu, pada grit chamber kandungan ion terlarut pada air limbah belum mengalami proses biologis maupun kimiawi. Berdasarkan penelitian (Zubala, 2018) didapatkan hasil bahwa nilai DHL pada unit grit chamber besar dengan nilai $1315 \mu\text{S cm}^{-1}$.

Sedangkan untuk parameter kekeruhan, didapatkan hasil nilai kekeruhan tertinggi terdapat pada inlet dan kekeruhan terendah terdapat pada unit out ekualisasi. Penurunan kekeruhan pada unit ekualisasi ini dapat disebabkan adanya proses pengendapan alami partikel besar di unit ekualisasi karena waktu tinggal yang cukup serta adanya penyaringan pasir, kerikil pada grit chamber. Sedangkan kekeruhan pada out aerasi yang meningkat dapat disebabkan adanya turbulensi pada proses aerasi yang dapat menyebabkan partikel yang mengendap kembali tersuspensi.

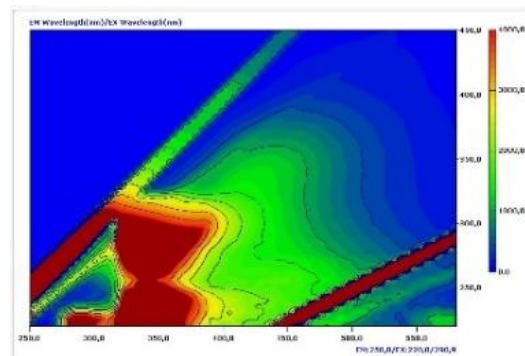
4.4 Pengujian karakteristik DOM

4.4.1 *Fluorescence EEM*

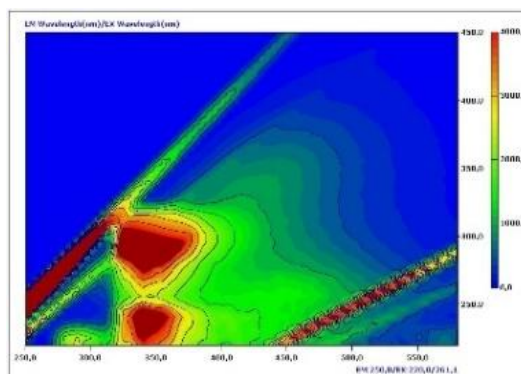
Analisis *fluorescence EEM* dilakukan dengan alat Spektrofluorometer Shimadzu RF-6000 dengan metode *peak picking*. Hasil senyawa DOM berupa eksitasi dan emisi serta *fluorescence intensity* dikelompokkan ke dalam puncak intensitas.



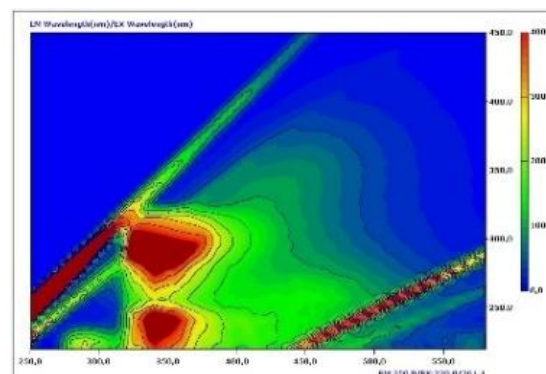
Inlet



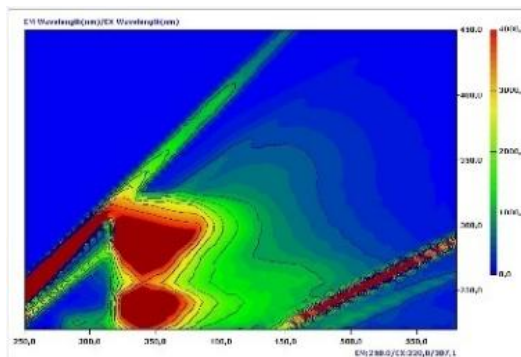
Grit Chamber



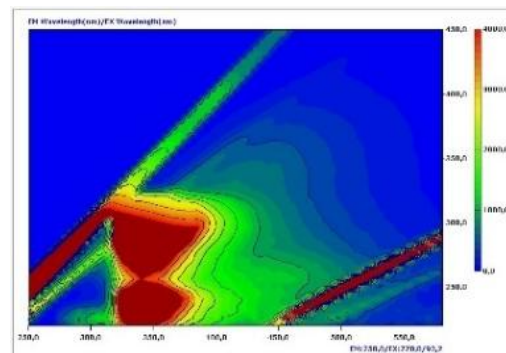
Out equalisasi B



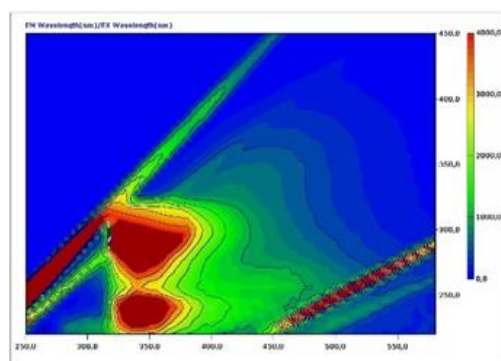
Out equalisasi A



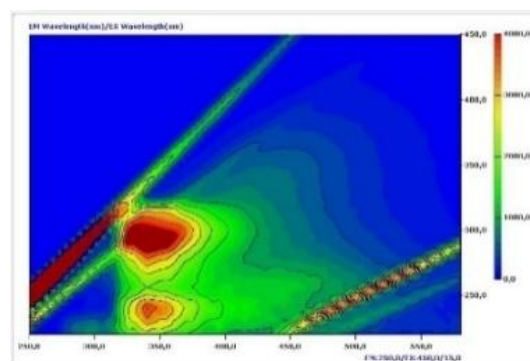
Out aerasi A



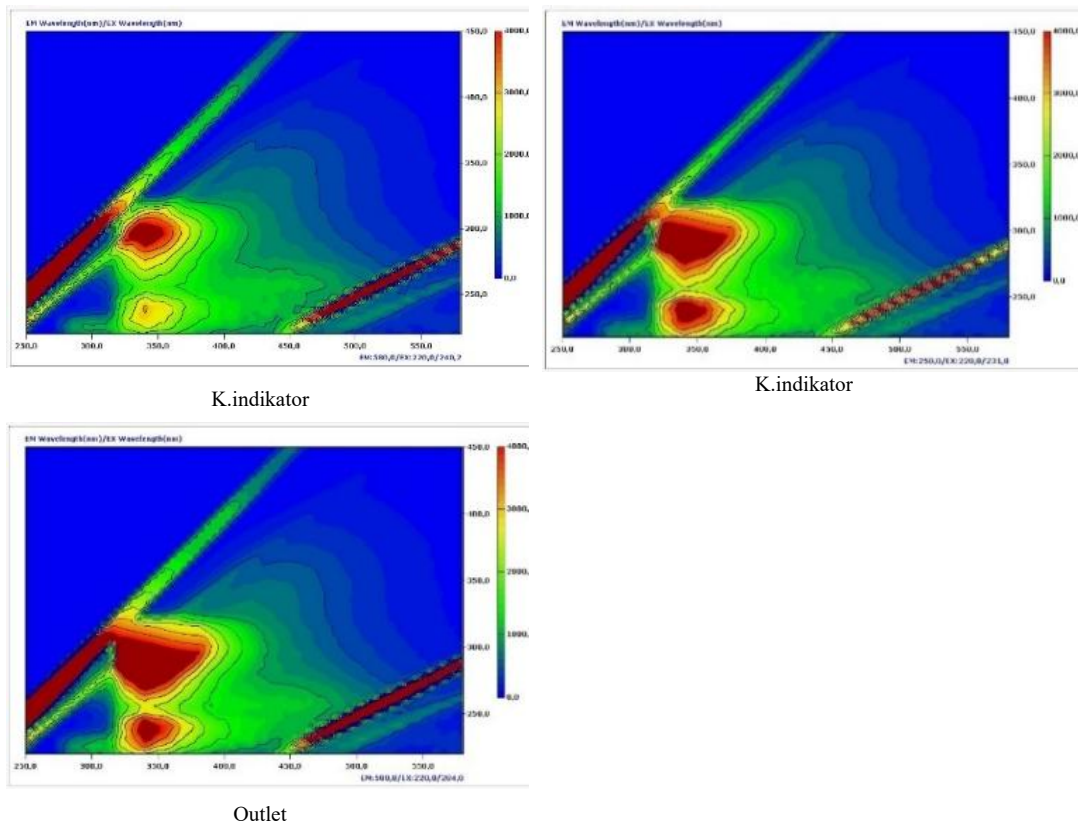
Out aerasi B



Out clarifier B



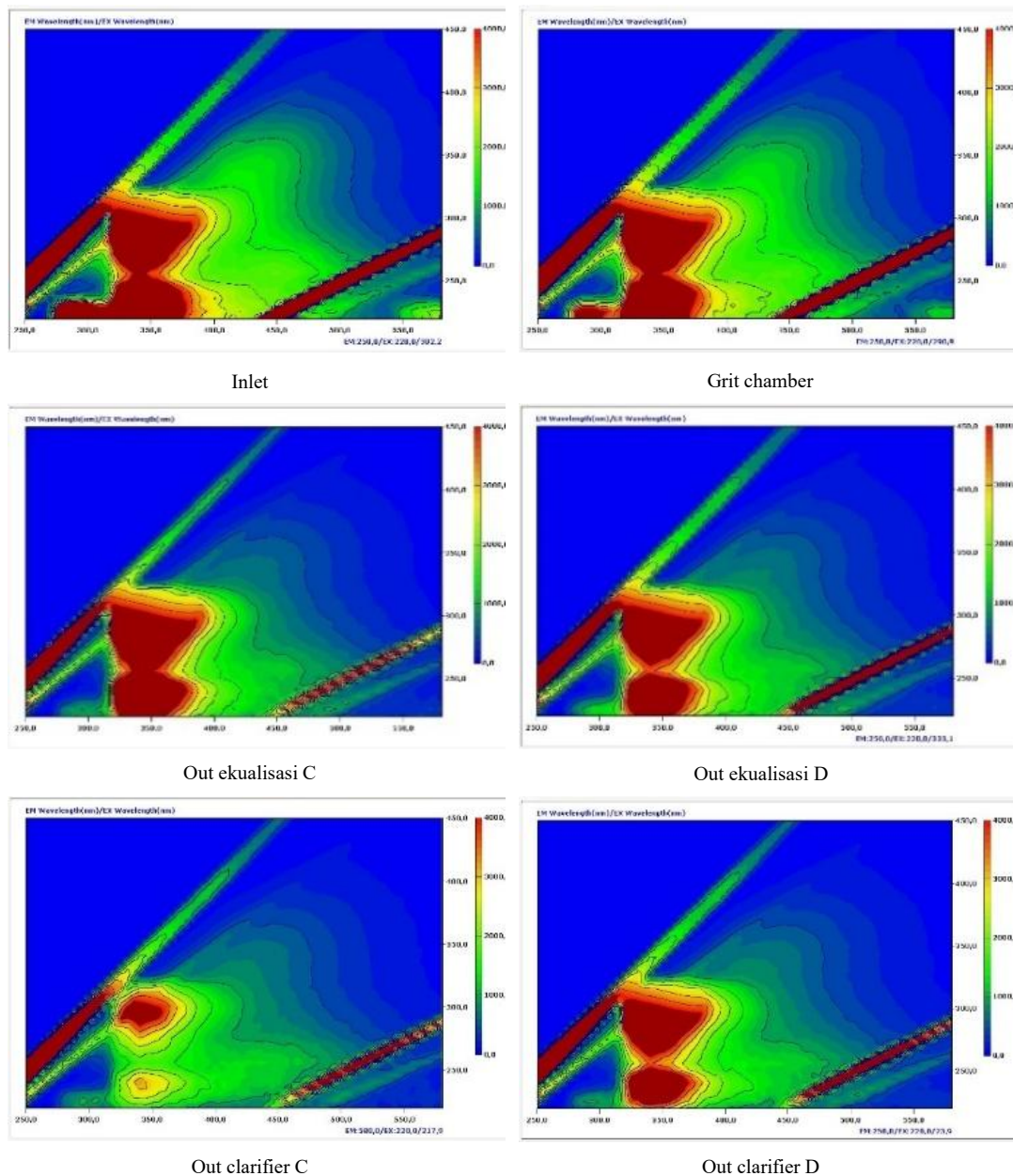
Out clarifier A

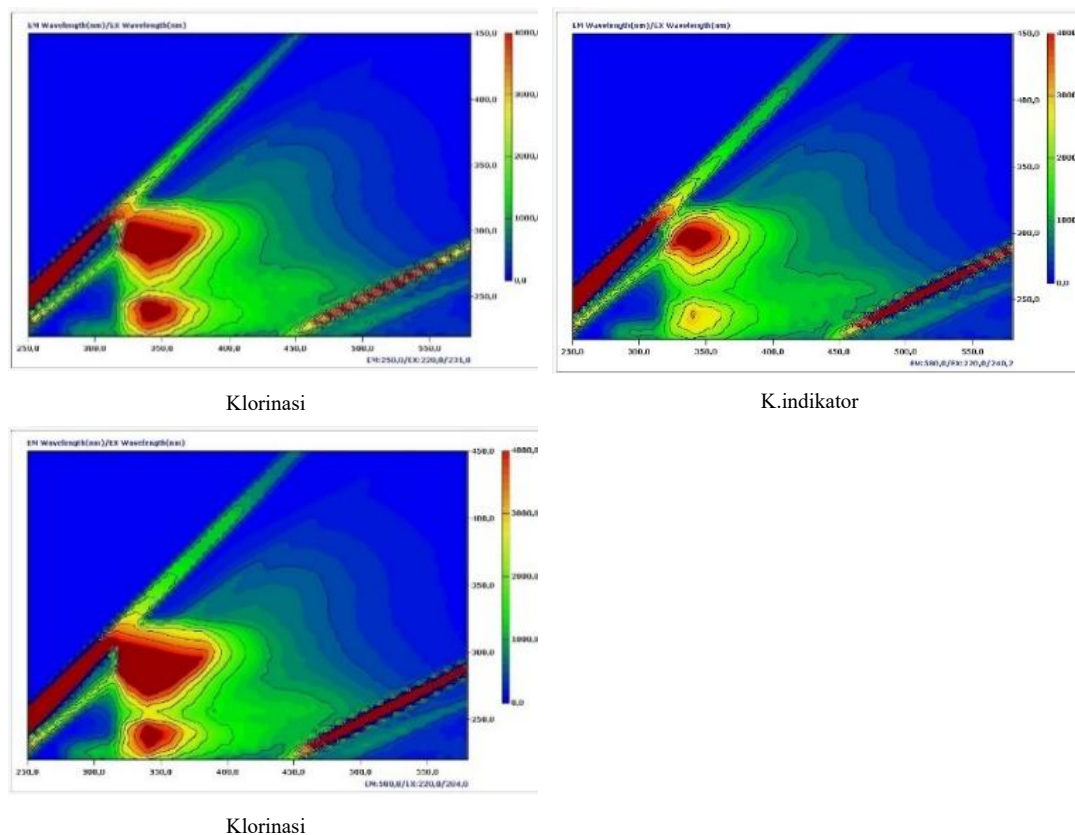


Gambar 4. 1 Matriks Eksitasi-Emisi Komponen DOM Alur Pengolahan A dan B

Berdasarkan Gambar 4.1, dapat dilihat bahwa pada inlet senyawa yang mendominasi yaitu *Tryptophan-Like* (T) dan *Tyrosine-Like* (B). Nilai puncak pada *Tryptophan-Like* yaitu sebesar 8302,853 dan *Tyrosine-Like* sebesar 6297,882. Pada masing-masing unit pengolahan alur pengolahan A dan B juga didominasi oleh senyawa *Tryptophan-like* dan *Tyrosine-Like*. Pada unit grit chamber nilai puncak *Tryptophan-like* sebesar 7792,435 sedangkan nilai puncak dari *Tyrosine-Like* sebesar 6430,116. Sedangkan pada unit out ekualisasi nilai puncak *Tryptophan-like* sebesar 4963,065, pada unit out aerasi-A sebesar 6776,548, pada unit out aerasi-B sebesar 6899,773, pada unit out clarifer A sebesar 3750,545, unit clarifier-B sebesar 6161,387. Pada kolam indikator nilai puncak sebesar 3352,977, pada unit klorinasi sebesar 4828,033, dan pada outlet sebesar 6329,893. Sedangkan nilai puncak untuk senyawa *Tyrosine-Like* didapatkan hasil pada masing-masing unit yaitu sebagai berikut: pada grit chamber sebesar 6430,116, pada unit ekualisasi sebesar 3386,409,

pada unit out aerasi-A sebesar 4513,773, pada unit out aerasi-B sebesar 5201,841, pada out clarifier A sebesar 2659,399, pada unit out clarifier B sebesar 4274,762. Sedangkan pada kolam indikator nilai puncak *Tyrosine-Like* sebesar 2594,159, pada unit klorinasi sebesar 3324,844, dan pada outlet sebesar 3329,225.





Gambar 4. 2 Matriks Eksitasi-Emisi Komponen DOM pada Sampel Air Limbah Alur Pengolahan C dan D

Sedangkan pada alur pengolahan C dan D senyawa yang mendominasi juga berasal dari senyawa *Tryptophan-Like* dan *Tyrosine-Like*. Didapatkan hasil untuk *Tryptophan-Like* pada masing-masing unit yaitu sebagai berikut: pada inlet sebesar 6297,882, pada unit grit chamber sebesar 7792,435, pada unit out ekualisasi sebesar 7648,938, pada unit out aerasi-C sebesar 7648,938, pada unit out aerasi-D sebesar 6794,614, pada unit out clarifier-C sebesar 3521,635, pada unit out clarifier-D sebesar 6005,06, pada unit out clarifier-C sebesar 4745,09, pada unit out clarifier-D sebesar 6721,18, pada unit kolam indikator sebesar 3352,977, pada unit klorinasi sebesar 4828.033, pada outlet sebesar 6329,893.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa senyawa yang mendominasi pada masing-masing unit yaitu *Tryptophan-Like* dan *Tyrosine-Like*. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Yin *et al.*, 2020), yang mana pada air limbah domestik memiliki titik puncak *Tryptophan-*

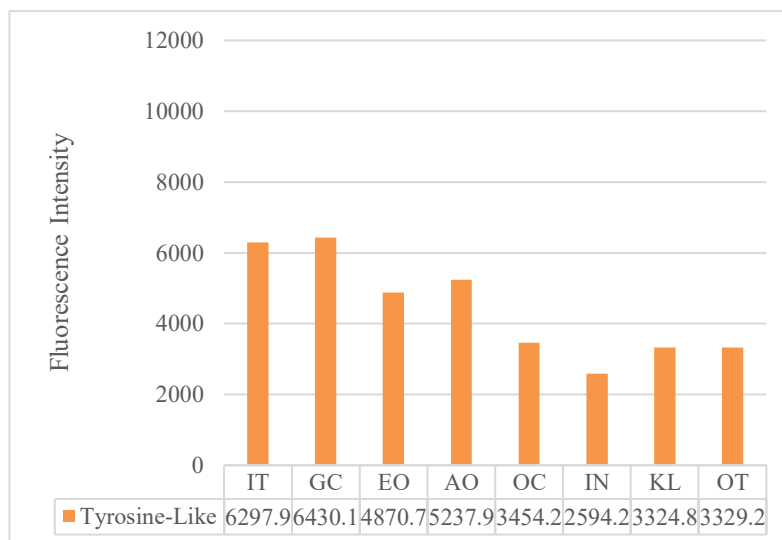
like (T1 dan T2) yang paling kuat. Titik puncak paling kuat tersebut berarti pada limbah domestik senyawa yang mendominasi yaitu *Tryptophan-like* yang merupakan jenis dari *Protein-like*.

4.4.1.1 Tirosin (*Tyrosine*)

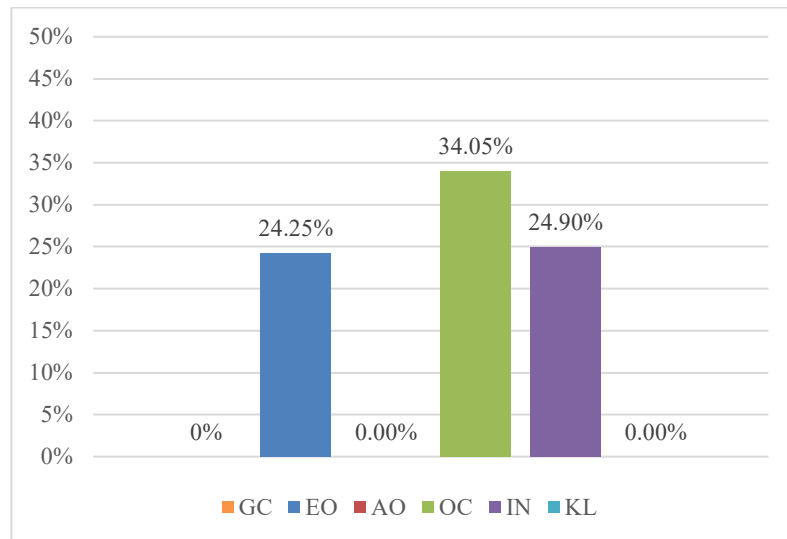
Tyrosine-like diukur pada panjang gelombang eksitasi 230 nm dan panjang gelombang emisi 300-315 nm. Pada penelitian ini terdapat dua kali percobaan pengujian dengan waktu pengambilan sampel yang berbeda. Terlihat pada Gambar 4. 3, didapatkan hasil pada sampling pertama nilai puncak *Tyrosine-Like* pada inlet didapatkan nilai puncak sebesar 6297,882, pada grit chamber sebesar 6430,116, pada ekualisasi 4870,6605, pada out aerasi sebesar 5237,946, pada unit out clarifier sebesar 3454,246, pada unit kolam indikator sebesar 2594,159, pada unit korinasi sebesar 3324,844, pada outlet sebesar 3329,225. Nilai puncak tertinggi terdapat pada Grit chamber sedangkan paling rendah terdapat pada unit indikator. Terdapat perbedaan yang tidak cukup jauh antara titik puncak pada inlet dan grit chamber, namun nilai puncak pada grit chamber masih lebih besar. Hal tersebut dapat disebabkan beberapa faktor, diantaranya peruntukan unit grit chamber yang hanya bisa memisahkan partikel berat seperti pasir dan kerikil sehingga kandungan DOM tidak berkurang secara signifikan. Berdasarkan penelitian yang dilakukan (Guo *et al.*, 2010a), diketahui bahwa penghilangan fraksi DOM pada komponen *protein-like* selama tahap awal pengolahan (grit chamber) sangat sedikit. Selain itu, pada unit grit chamber terdapat partikel organik halus yang mengendap. Partikel organik tersebut dapat terpecah melalui proses hidrolisis, dengan mengubah materi organik partikulat (POM) menjadi fraksi organik terlarut (DOM) (Yu *et al.*, 2021a). Sedangkan nilai puncak terendah terdapat pada kolam indikator. Hal ini dapat disebabkan beberapa faktor, diantaranya karena kolam indikator yang lebih tenang dan mempunyai waktu tinggal yang cukup, sehingga tidak terjadi resuspensi partikel organik dalam air. Akibatnya, bahan organik fresh terlebih dahulu akan habis terdegradasi

dibandingkan dengan bahan organik yang sudah tidak fresh. Sedangkan *Tyrosine-like* merupakan bahan organik segar yang mudah untuk didegradasi (Hansen *et al.*, 2016).

Berdasarkan Gambar 4.4, dapat dilihat bahwa efisiensi removal *Tyrosine* tertinggi terdapat pada unit pengolahan clarifier dengan nilai efisiensi sebesar 34,05%. Sedangkan pada unit grit chamber, aerasi, dan klorinasi tidak dapat menghilangkan *Tyrosine* yang ditandai dengan efisiensi removal 0%. Efisiensi removal tertinggi pada clarifier ini dapat disebabkan oleh adanya proses sedimentasi pada unit ini, yang mana dengan adanya sedimentasi ini akan menurunkan kandungan *Tyrosine* (Yu *et al.*, 2021). *Protein-like* sering menempel pada permukaan partikel, yang mana ketika partikel ini mengendap maka *Protein-like* akan ikut mengendap bersama lumpur. Adanya waktu tinggal yang cukup lama dapat menyebabkan adanya degradasi oleh mikroba terhadap fraksi *Protein-like* sehingga memungkinkan terjadinya penurunan kandungan *Tyrosine*.

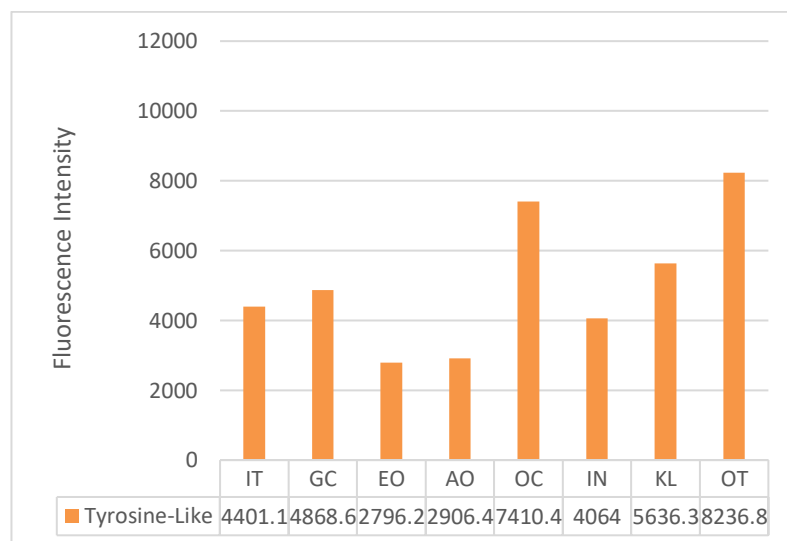


Gambar 4. 3 Nilai *Fluorescence Intensity* Komponen *Tyrosine-like* pada Sampling Pertama

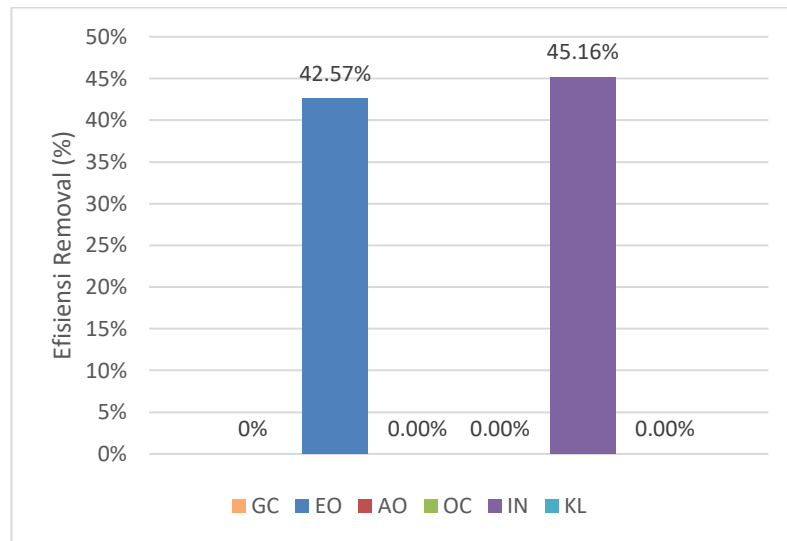


Gambar 4. 4 Efisiensi Removal Tyrosine pada Sampling Pertama

Sedangkan pada Gambar 4.5 dapat dilihat bahwa hasil untuk sampling kedua nilai puncak *Tyrosine-like* yaitu pada inlet sebesar 4401,059, pada unit grit chamber sebesar 4868,603, pada unit ekualisasi A sebesar 2796,2, pada unit pengolahan out aerasi 2906,4, pada unit out clarifier sebesar 7410,4, pada unit kolam indikator sebesar 4064, pada unit klorinasi sebesar 5636,3, dan pada outlet sebesar 8236,8. Sehingga dapat diketahui bahwa nilai puncak tertinggi terdapat pada outlet, sedangkan yang terendah terdapat pada unit ekualisasi.



Gambar 4. 5 Nilai *Fluorescence Intensity* Komponen *Tyrosine-like* pada Sampling Kedua



Gambar 4. 6 Efisiensi Removal Tyrosine pada Sampling Kedua

Berdasarkan hasil dari kedua sampling tersebut, dapat dilihat bahwa terdapat beberapa perbedaan hasil, yang mana pada sampling kedua, nilai puncak tertinggi justru terdapat pada outlet. Adanya perbedaan tersebut dapat disebabkan beberapa hal, diantaranya dapat disebabkan adanya kontaminasi pada sampel, mengingat letak outlet yang berada di luar dengan samping kiri-kanan kebun. Adanya kontaminasi tersebut dapat disebabkan dari aktivitas mikroorganisme yang ada di tanah dan kebun atau adanya kontaminasi kotoran hewan yang mungkin ada di kebun. Adanya kebun dan sawah serta adanya kemungkinan residu dari pupuk dan pestisida dapat meningkatkan nilai dari *Tyrosine-like* terutama saat hujan atau irigasi (Liu *et al.*, 2018). Selain itu, terdapat penelitian yang menyatakan bahwa senyawa Tyrosine-like masih melimpah pada influen dan effluen pada IPAL (Mohapatra *et al.*, 2021a).

Sedangkan pada outlet terdapat sedikit kenaikan dibanding unit klorinasi. Hal ini dapat disebabkan beberapa fenomena, seperti kemungkinan adanya pelepasan kembali fraksi DOM dari lumpur yang terbawa menuju jalur pembuangan. Selain itu, hipoklorit (HOCl) pada klorinasi dapat bereaksi dengan tirosin membentuk 3-klorotirosin yang dapat menghasilkan fragmen berukuran kecil dan dapat larut di air, serta

memiliki sifat fluoresensi serupa dengan *protein-like* (Burlison, Peyton and Glaze, 1978).

Nilai puncak terendah pada ekualisasi ini mungkin dapat disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya pada unit ekualisasi terdapat proses pencampuran dan pengenceran air limbah. Selain itu, adanya waktu tinggal yang relatif lebih lama dapat memungkinkan fraksi *Tyrosine* yang bersifat labil mulai terdegradasi oleh mikroba.

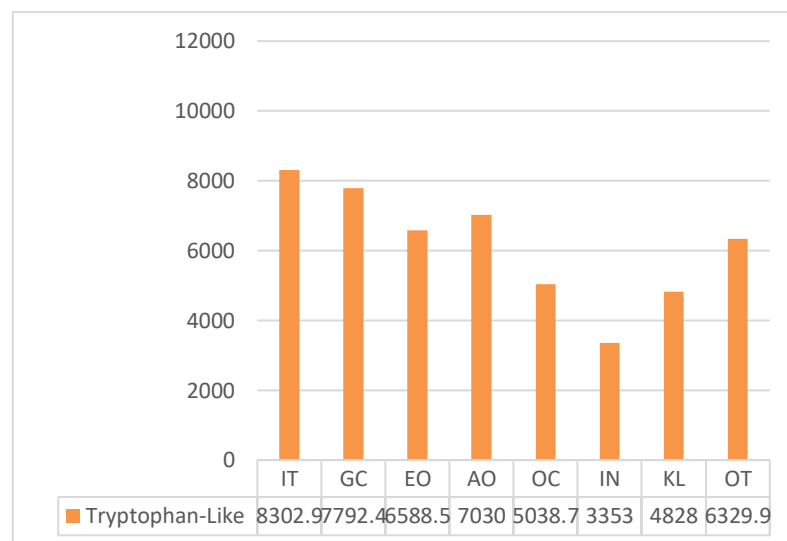
Unit-unit yang dapat menghilangkan *Tyrosine* pada sampling kedua ini yaitu pada ekualisasi dan kolam indikator dengan efisiensi removal sebesar 42,57% dan 45,16%. Adanya penghilangan pada unit-unit ini dapat disebabkan adanya waktu tinggal yang cukup lama pada kolam unit ini, yang mana hal ini dapat menyebabkan terjadinya proses degradasi alami oleh mikroba.

4.4.1.2 Triptofan (*Tryptophan*)

Tryptophan-like terdapat pada panjang gelombang eksitasi 230 nm dan 280 nm dan panjang gelombang emisi 330-380. Hasil data *Tryptophan-like* pada dapat dilihat pada Gambar 4.7 dan Gambar 4.8 berikut. Pada sampling pertama didapatkan nilai puncak pada masing-masing unitnya yaitu sebagai berikut, pada inlet didapatkan nilai puncak sebesar 8302,853, pada unit grit chamber sebesar 7792,44, pada unit out ekualisasi sebesar 6588,45, pada unit out aerasi sebesar 7029,97, pada unit out clarifier sebesar 5038,69, pada unit kolam indikator sebesar 3352,98, pada unit klorinasi sebesar 4828,03, pada outlet sebesar 6329.89.

Berdasarkan hasil tersebut, dapat diketahui bahwa pada sampling pertama nilai puncak tertinggi terdapat pada inlet yang menunjukkan bahwa limbah awal mengandung konsentrasi bahan organik yang tinggi berupa protein. Sedangkan nilai terendah terdapat pada unit indikator. Terdapat penurunan pada out ekualisasi, tetapi kembali naik ketika out aerasi. Hal ini dapat disebabkan karena mikroorganisme yang aktif selama proses aerasi melepaskan senyawa hasil metabolisme ke dalam air,

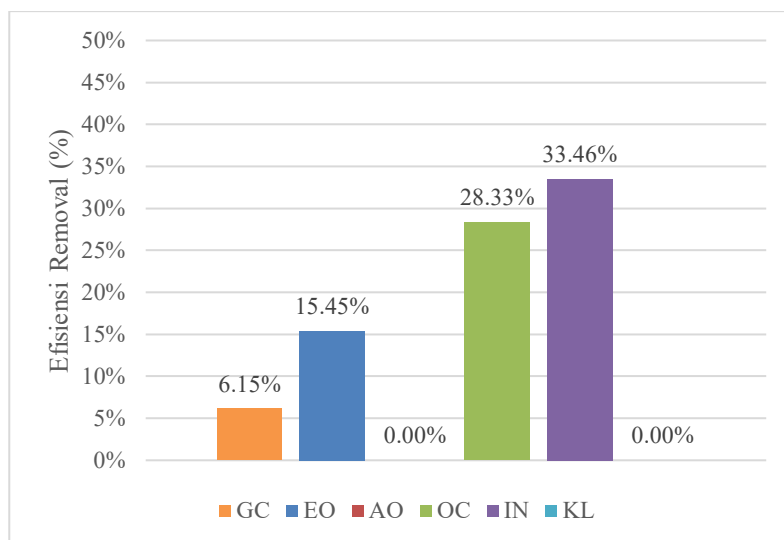
termasuk *tryptophan*. Selain itu, pada proses aerasi adanya penambahan oksigen dapat mendukung pertumbuhan dan aktivitas mikroorganisme aerobik, yang mana mikroorganisme ini dapat menghasilkan senyawa protein larut serta metabolit mikroba. Sinyal fluoresensi *tryptophan-like* dapat berasal dari senyawa protein larut dan produk metabolisme mikroba yang dilepaskan selama aktivitas biologi (Hudson, Baker and Reynolds, 2007). Dapat dilihat juga bahwa terdapat kenaikan kembali pada outlet yang dapat disebabkan letak outlet di luar dan berada di area kebun. Terdapat kemungkinan kontaminasi dari residu pupuk, kotoran hewan, serangga, serta hujan yang membawa senyawa protein atau mikroba.



Gambar 4. 7 Nilai *Fluorescence Intensity* Komponen *Tryptophan-like* pada Sampling Satu

Sedangkan untuk penghilangan fraksi *Tryptophan* tertinggi terdapat pada unit kolam indikator dengan efisiensi removal sebesar 33,46%. Hal ini dapat disebabkan oleh karakteristik *Protein-like* yang segar dan mudah terdegradasi, sehingga pada kondisi kolam indikator yang tidak terdapat proses pengolahan dan memiliki aliran yang tenang serta memiliki waktu tinggal yang cukup lama, maka *Tryptophan-like* dapat didegradasi oleh mikroba heterotrof. Selain itu, adanya pengaruh cahaya matahari

dapat menyebabkan *Tryptophan-like* menjadi lebih mudah untuk pecah, karena cahaya UV cenderung merusak asam amino aromatik (Sankar *et al.*, 2019). *Tryptophan-like* yang terdegradasi ini dapat menurunkan kandungan bahan organik tersebut.

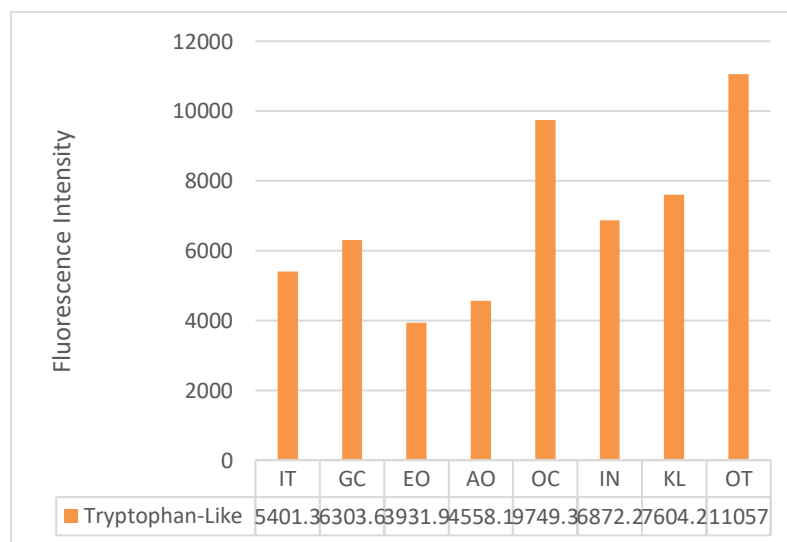


Gambar 4. 8 Efisiensi Removal Tryptophan pada Sampling Pertama

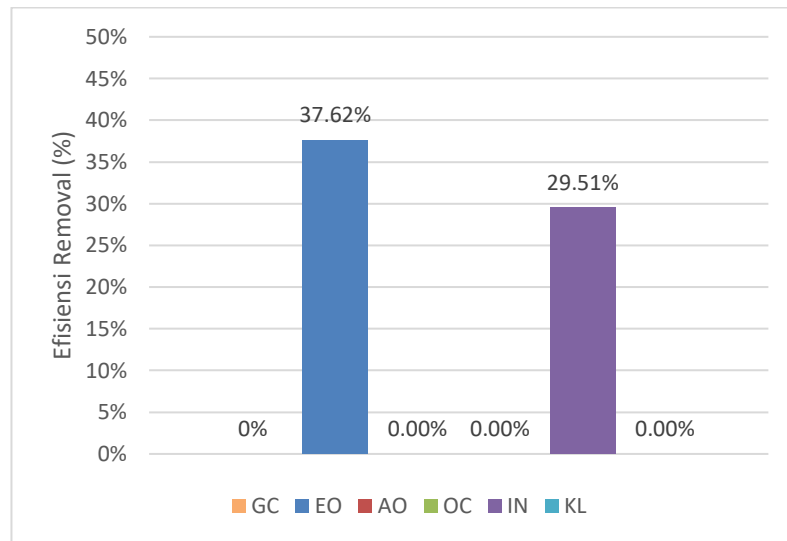
Berdasarkan Gambar 4.9 didapatkan hasil untuk nilai puncak *Tryptophan-like* pada sampling kedua, yaitu pada inlet sebesar 5401,278. Kemudian terdapat kenaikan pada grit chamber sebesar 6303,58. Namun, pada out ekualisasi mengalami penurunan dengan nilai puncak sebesar 3931,915 dan pada out aerasi sebesar 4558,064, pada unit out clarifier sebesar 9749,319, unit kolam indikator sebesar 6872,238, unit klorinasi sebesar 7604,187, dan outlet sebesar 11056,72.

Dapat diketahui bahwa nilai puncak tertinggi terdapat pada outlet sedangkan nilai puncak terendah terdapat pada unit out ekualisasi. Adanya kenaikan nilai puncak *tryptophan-like* pada grit chamber setelah inlet, dapat disebabkan oleh adanya proses fisik seperti turbulensi dan perubahan kecepatan yang menyebabkan pelepasan senyawa organik terlarut dari partikel tersuspensi halus pada grit chamber. Kemudian terdapat penurunan pada unit ekualisasi dan aerasi, disebabkan oleh adanya aktivitas mikroorganisme yang mendegradasi bahan organik. Mengingat

terdapat waktu tinggal yang cukup lama pada ekualisasi dan terdapat penambahan oksigen pada aerasi, dapat mendukung mikroorganisme untuk melakukan degradasi pada bahan organik (Yu et al., 2021). Kemudian terjadinya kenaikan yang cukup drastis pada clarifier dapat disebabkan beberapa faktor, seperti adanya pelepasan material protein yang berasal dari biomassa mikroba selama proses di clarifier. Mikroba dapat pecah (lisis) yang menyebabkan isi sel yang mengandung protein dan asam amino dapat terlepas ke air (Goto *et al.*, 2020). Sedangkan adanya kenaikan pada outlet ini dapat disebabkan adanya kontaminasi sampel outlet, yang dapat disebabkan oleh masuknya residu kotoran hewan, pupuk, limpasan air hujan yang membawa senyawa protein ke dalam outlet. Outlet IPAL berada di luar yang diapit kanan-kiri kebun masyarakat. Selain itu, dapat disebabkan adanya lisis pada mikroba yang kemudian akan melepaskan senyawa larut dari dalam tubuh mikroba, sebagian besar berupa *protein-like*. pada penelitian (Mohapatra et al., 2021), disebutkan bahwa *tryptophan-like* dan *tyrosine-like* juga banyak ditemukan pada aliran efluen di IPAL



Gambar 4. 9 Nilai *Fluorescence Intensity* Komponen *Tryptophan-like* pada Sampling Kedua



Gambar 4. 10 Efisiensi Removal Tryptophan pada Sampling Kedua

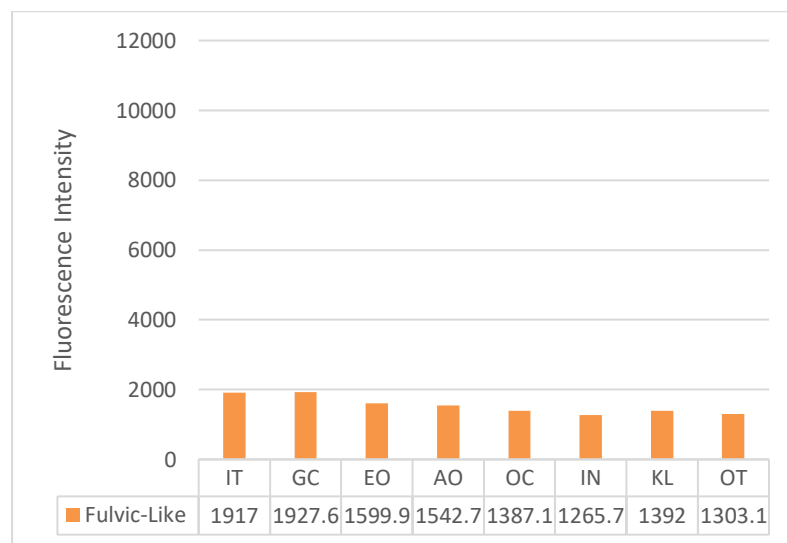
Berdasarkan Gambar 4.10, dapat dilihat bahwa pada unit grit chamber memiliki efisiensi removal 0%, pada unit ekualisasi sebesar 37,62%, pada unit aerasi dan clarifier sebesar 0%, pada unit kolam indikator sebesar 29,51%, dan pada unit klorinasi sebesar 0%. Efisiensi removal tertinggi untuk *tryptophan-like* yaitu pada unit ekualisasi.

4.4.1.3 Asam Fulvat (*Fulvic Acid*)

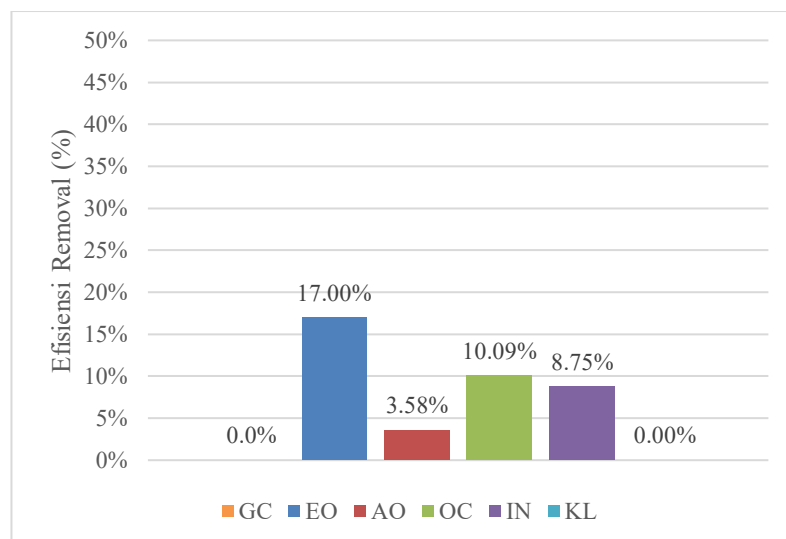
Fulvic-like terdapat pada panjang gelombang eksitasi 250 nm dan panjang gelombang emisi 400-450 nm. Hasil data *fulvic-like* pada sampling pertama dapat dilihat pada Gambar 4.11 berikut. Didapatkan nilai puncak untuk *fulvic-like* pada inlet sebesar 1916,976. Pada grit chamber sedikit mengalami kenaikan yaitu nilai pucaknya sebesar 1927,556. Kemudian terdapat penurunan pada ekualisasi dan aerasi dengan nilai puncak sebesar 1599,915 dan 1542,6878. Terjadi penurunan lagi pada clarifier dengan nilai puncak 1387,0868 dan unit kolam indikator sebesar 1265,749. Lalu terjadi sedikit kenaikan pada unit klorinasi, namun terjadi penurunan kembali pada outlet dengan nilai puncak sebesar 1303,064.

Terjadi penurunan asam fulvat pada grit chamber dan lebih turun lagi pada outlet aerasi. Hal tersebut berarti bahwa aerasi dapat menurunkan

asam fulvat yang terdapat dalam air limbah. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Liu *et al.*, 2022), bahwa proses aerasi dapat menurunkan kandungan senyawa asam humat. Sedangkan adanya penurunan di outlet ini dapat disebabkan karena proses klorinasi dapat menurunkan nilai puncak *fulvic-like* (Nguyen *et al.*, 2021). Selain itu, adanya penurunan dapat disebabkan adanya proses biologis yang dapat menurunkan nilai dari *fulvic-like* sebesar 62% (Yang, Shin and Hur, 2014).

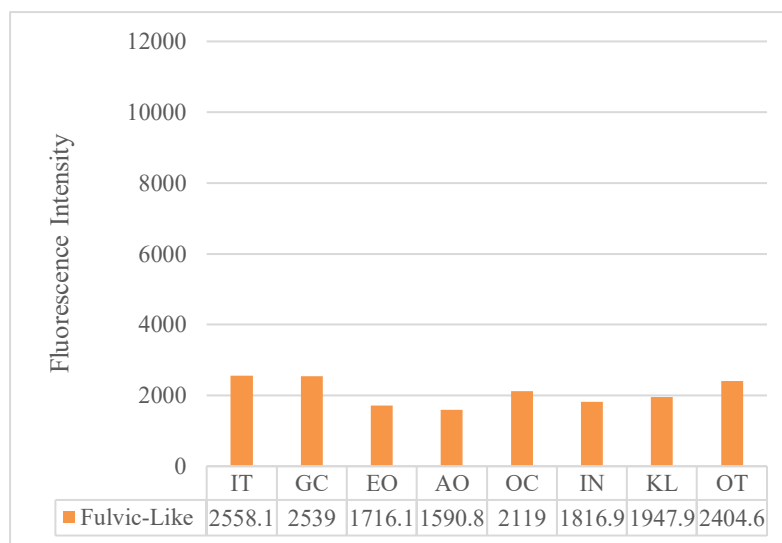


Gambar 4. 11 Nilai *Fluorescence Intensity* Komponen *Fulvic-Like* pada Sampling Pertama

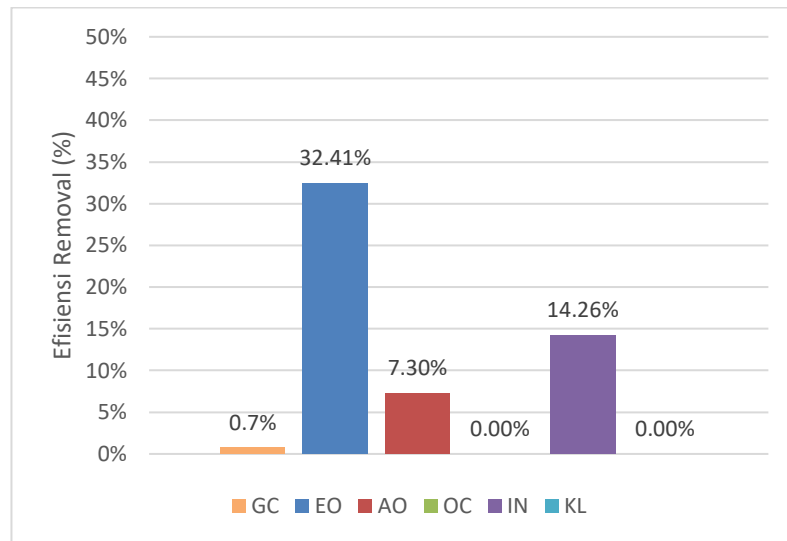


Gambar 4. 12 Efisiensi Removal *Fulvic-like* pada Sampling Pertama

Berdasarkan Gambar 4.12, dapat dilihat bahwa efisiensi removal *fulvic-like* pada grit chamber sebesar 0%, pada unit ekualisasi sebesar 17%, ada unit aerasi sebesar 3,58%, pada unit clarifier sebesar 10,09%, pada unit kolam indikator sebesar 8,75%, dan pada unit klorinasi sebesar 0%. Efisiensi removal untuk *fulvic-like* tertinggi terdapat pada unit ekualisasi karena pada unit ekualisasi terdapat kemungkinan terjadi pengendapan bahan organik, yang mana senyawa *fulvic-like* sendiri termasuk dalam *humic substances* yang cenderung stabil dan sulit terdegradasi secara biologis. Sehingga pengurangannya dengan mekanisme fisik melalui proses pengendapan (Yang, Hur and Zhuang, 2015). Kemudian efisiensi removal tertinggi kedua terdapat pada unit kolam indikator. Hal ini dapat disebabkan adanya proses fotodegradasi akibat paparan sinar matahari yang dapat memecah *fulvic-like* (Bavumiragira, Ge and Yin, 2022).



Gambar 4. 13 Nilai *Fluorescence Intensity* Komponen *Fulvic Like* pada Sampling Kedua



Gambar 4. 14 Efisiensi Removal *Fulvic-like* pada Sampling Kedua

Berdasarkan Gambar 4.13, dapat dilihat bahwa nilai puncak pada inlet sebesar 2558,058. Kemudian mengalami penurunan hingga unit aerasi, dengan nilai puncak pada grit chamber sebesar 2538,996, pada unit ekualisasi sebesar 1716,066, pada unit aerasi sebesar 1590,7633. Terjadi peningkatan pada unit clarifier dengan nilai puncak sebesar 2119,0003. Pada unit indikator terjadi penurunan dengan nilai puncak 1816,856, lalu sedikit meningkat pada unit klorinasi dengan nilai puncak sebesar 1947,887. Pada outlet juga terdapat peningkatan dengan nilai puncak sebesar 2404,589.

Pada inlet menunjukkan nilai yang cukup tinggi, menandakan bahwa limbah domestik mengandung fraksi humik dan fulvik yang berasal dari sisa makanan, produk rumah tangga, serta senyawa alami hasil degradasi organik (Zhou et al., 2013). Pada unit grit chamber, intensitas fulvic-like tidak mengalami penurunan yang berarti, terlihat dari efisiensi removal hanya 0,7%. Hal ini karena grit chamber hanya berfungsi mengendapkan partikel berukuran besar dan padatan anorganik, bukan bahan organik terlarut seperti fulvic acid (Metcalf & Eddy, 2014). Penurunan terbesar terlihat pada unit ekualisasi, di mana intensitas fulvic-like menurun signifikan hingga menghasilkan efisiensi penyisihan sebesar 32,41%. Hal ini dapat dijelaskan karena waktu tinggal air limbah dalam ekualisasi cukup lama, sehingga memungkinkan sebagian fraksi fulvic-like yang terasosiasi

dengan partikel koloid ikut mengendap. Selain itu, proses pencampuran juga dapat meningkatkan kontak antara senyawa organik dengan partikel tersuspensi, memperbesar peluang penghilangan (Yu et al., 2015). Namun, pada unit aerasi terjadi penurunan intensitas yang relatif kecil, tercermin dari efisiensi removal hanya 7,30%. Fulvic-like termasuk fraksi DOM yang sulit terbiodegradasi karena strukturnya lebih stabil dibandingkan dengan protein-like. Oleh karena itu, meskipun ada aktivitas mikroorganisme dalam proses aerasi, fulvic-like hanya berkurang sedikit (Henderson et al., 2009).

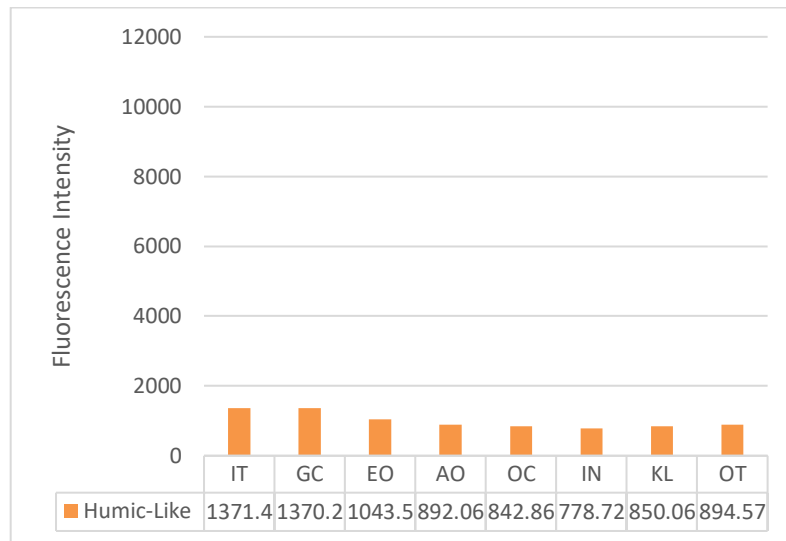
Selanjutnya, pada unit clarifier, terdapat peningkatan intensitas kembali sehingga efisiensi removal menjadi 0%. Hal ini mungkin disebabkan adanya pelepasan kembali senyawa organik dari flok yang terdispersi atau tidak stabil. Fulvic-like yang dominan dalam fase terlarut memang tidak mudah ikut mengendap bersama lumpur, sehingga proses clarifier kurang efektif menurunkan fraksi ini (Bond et al., 2011). Pada kolam indikator, intensitas fulvic-like menurun dengan efisiensi 14,26%. Penurunan ini kemungkinan dipengaruhi oleh adanya paparan sinar matahari yang memicu fotodegradasi senyawa organik aromatik, serta proses alami seperti sedimentasi tambahan di kolam terbuka (Wang et al., 2017). Terakhir, pada unit klorinasi tidak terjadi penurunan berarti, terlihat dari efisiensi removal 0%. Hal ini disebabkan fulvic-like termasuk senyawa organik yang resisten terhadap oksidasi oleh klorin. Berbeda dengan protein-like atau senyawa organik sederhana yang lebih reaktif, fulvic-like memiliki struktur aromatik kompleks yang membuatnya sulit terurai oleh klorinasi (Bond et al., 2011). Sehingga dapat diketahui bahwa efisiensi removal *fulvic-like* tertinggi terdapat pada unit ekualisasi dengan efisiensi removal sebesar 32,41%.

4.4.1.4 Asam Humat (*Humic Acid*)

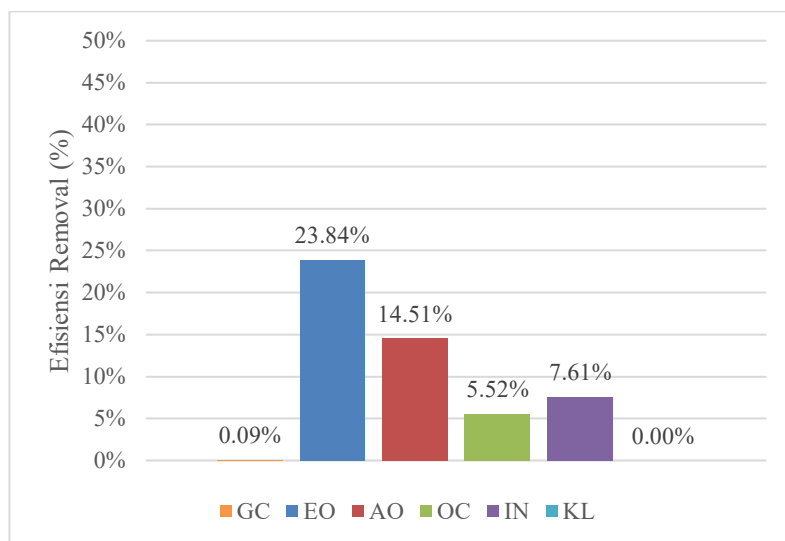
Humic-acid terdapat pada panjang gelombang eksitasi 200-250 nm dan panjang gelombang emisi 400-600 nm. Adapun hasil *humic-like* dapat dilihat pada gambar berikut. Berdasarkan gambar di atas, hasil data

pada sampling pertama menunjukkan bahwa nilai puncak pada unit-unit pengolahan yaitu pada inlet sebesar 1371,38, pada grit chamber sebesar 1370,18, pada out ekualisasi sebesar 1043,53, pada out aerasi sebesar 892,064, pada unit out clarifier sebesar 892,064, pada unit kolam indikator sebesar 778,716, pada unit klorinasi sebesar 850,063, dan pada outlet 894,567. Didapatkan hasil pada sampling pertama *humic-acid* tertinggi terdapat pada inlet. Sedangkan nilai puncak *humic-acid* terendah terdapat pada unit kolam indikator.

Pada grit chamber hanya terdapat sedikit penurunan *humic-acid*, yang dapat disebabkan karena pada unit grit chamber ini fungsi utamanya untuk menghilangkan partikel berat melalui sedimentasi sehingga pengaruhnya pada penghilangan *humic-like* cukup rendah (Guo *et al.*, 2010b). Pada unit ekualisasi terjadi penurunan yang cukup signifikan, hal ini dapat disebabkan terdapat waktu tinggal yang cukup lama pada unit ini sehingga memungkinkan terjadinya degradasi alami oleh mikroorganisme dan terjadi oksidasi bahan organik terlarut (Rodríguez-Vidal *et al.*, 2021). Pada unit aerasi juga terdapat penurunan *humic-like*, hasil ini sejalan dengan temuan (Li *et al.*, 2021) yang menyatakan bahwa aerasi dapat menurunkan kandungan senyawa *humic-acid*. Sedangkan pada klorinasi terjadi peningkatan yang dapat disebabkan oleh perubahan struktur kimia dari bahan organik akibat reaksi dengan klorin menghasilkan senyawa yang memiliki sifat fluoresen (Vo-Minh Nguyen, Hur and Shin, 2022). Kenaikan pada outlet ini dapat disebabkan oleh akumulasi hasil produk sampingan klorinasi yang memiliki sifat fluoresen.



Gambar 4. 15 Nilai *Fluorescence Intensity* Komponen *Humic-acid* pada Sampling Pertama



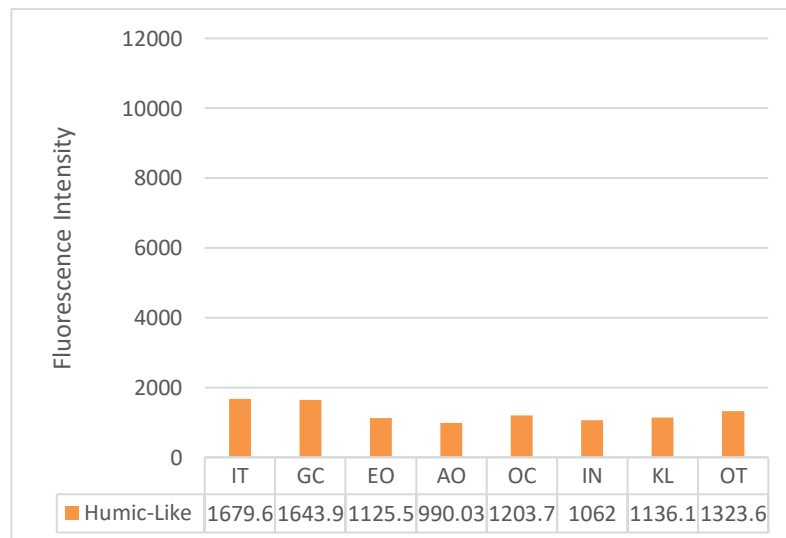
Gambar 4. 16 Efisiensi Removal *Humic-acid* pada Sampling Pertama

Berdasarkan Gambar 4.16, dapat dilihat bahwa efisiensi removal *humic-like* unit grit chamber sebesar 0,09%, pada unit ekualisasi sebesar 23,84%, pada unit aerasi sebesar 14,51%, pada unit clarifier sebesar 5,52%, pada unit kolam indikator sebesar 7,61%, dan pada klorinasi sebesar 0%.

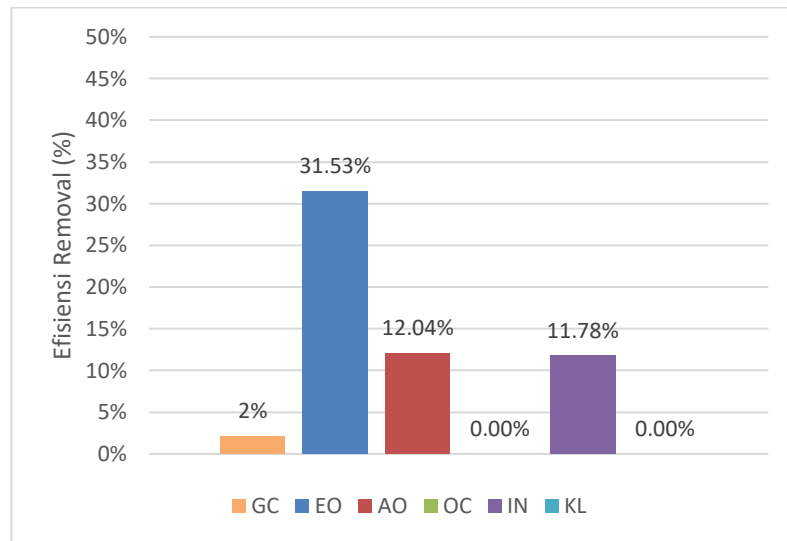
Sedangkan pada sampling kedua, didapatkan hasil nilai puncak pada inlet sebesar 1679,607. Pada unit grit chamber terjadi sedikit penurunan nilai puncak yaitu sebesar 1643,864 dan pada unit ekualisasi juga terjadi penurunan nilai puncak sebesar 1125,522. Pada unit aerasi

juga terdapat penurunan nilai puncak yaitu sebesar 990,031. Kemudian terjadi peningkatan pada clarifier dengan nilai puncak sebesar 1203,727, dan kembali mengalami penurunan pada unit kolam indikator sebesar 1061,968. Sedangkan pada klorinasi dan outlet kembali naik dengan nilai puncak masing-masing yaitu 1136,551 dan 1323,647.

Pada sampling kedua nilai puncak terendah terdapat pada out aerasi. Nilai puncak yang tinggi pada inlet ini dapat disebabkan kandungan air limbah yang masuk ke IPAL tinggi akan senyawa humat, yang mana senyawa ini dapat berasal dari berbagai aktivitas domestik. Hasil aktivitas tersebut seperti sisa makanan, sabun, detergen, dan bahan pembersih yang mengandung senyawa humat. Adanya degradasi biologis dari bahan-bahan tersebut dapat menghasilkan asam humat. Terlihat adanya sedikit kenaikan pada outlet yang dapat disebabkan adanya perubahan senyawa protein dan fulvic sederhana yang terdegradasi sebagian menjadi senyawa humat. Terdapat perbedaan hasil dengan sampling kedua yaitu pada unit clarifier yang meningkat pada sampling kedua, sedangkan pada sampling pertama unit clarifier menjadi yang terendah.



Gambar 4. 17 Nilai *Fluorescence Intensity* Komponen *Humic-Acid* pada Sampling Kedua



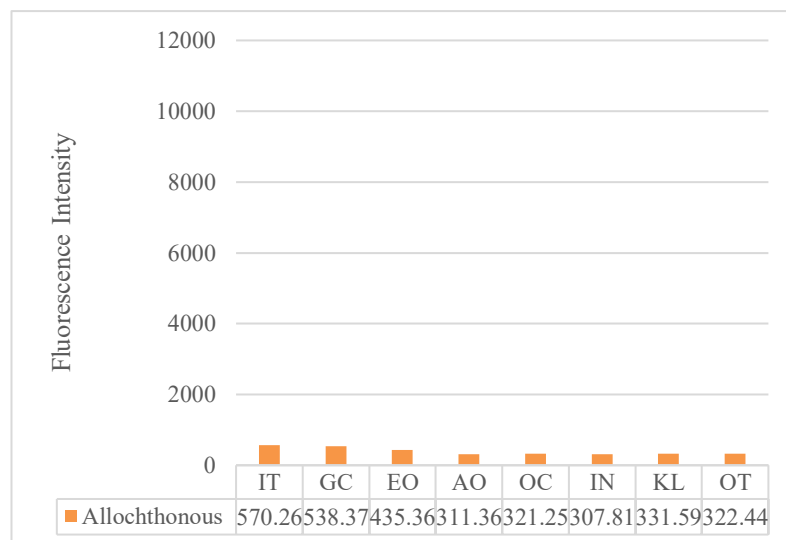
Gambar 4. 18 Efisiensi Removal *Humic-Acid* pada Sampling Kedua

Sedangkan untuk efisiensi removal *humic-acid* pada sampling kedua, didapatkan efisiensi removal pada unit grit chamber sebesar 2%, pada unit ekualisasi sebesar 31,53%, pada unit aerasi sebesar 12,04%, pada unit clarifier 0%, pada unit kolam indikator sebesar 11,78%, dan pada unit klorinasi 0%. Efisiensi removal tertinggi terdapat pada unit ekualisasi. Hal tersebut dapat karena pada bak ekualisasi terdapat waktu tinggal yang cukup lama sehingga memungkinkan terjadinya proses alami berupa degradasi dan sedimentasi. *Humic-acid* umumnya bersifat hidrofobik, yang dapat menempel pada flok atau partikel tersuspensi yang akan mengendap di dasar kolam (Xiao *et al.*, 2016).

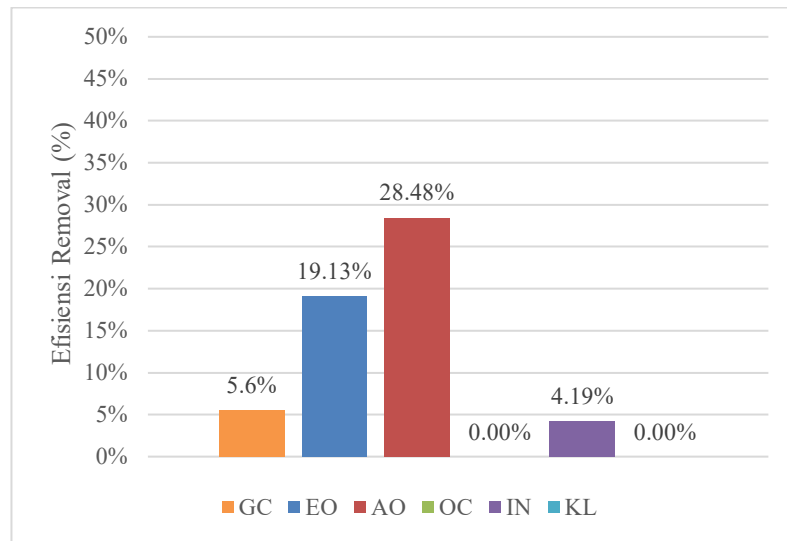
4.4.1.5 *Allochthonous*

Allochthonous terdapat pada panjang gelombang eksitasi 380 nm dan panjang gelombang emisi 480-500 nm. Hasil data *Allochthonous* pada sampling pertama dapat dilihat pada Gambar 4.19, didapatkan hasil nilai puncak *allochthonous* pada inlet sebesar 570,257. Terjadi penurunan pada unit grit chamber hingga ke unit aerasi, dengan nilai puncak pada grit chamber sebesar 538,365, pada ekualisasi sebesar 435,359, pada aerasi sebesar 311,359. Kemudian terjadi sedikit peningkatan pada clarifier dengan nilai puncak 321,253, dan kembali menurun pada kolam indikator dengan nilai puncak 307,805. Terjadi peningkatan kembali pada unit

klorinasi dengan nilai puncak sebesar 331,587. Sedangkan pada outlet menurun dengan nilai puncak 322,442. Kandungan *allochthous* tertinggi terdapat pada inlet sedangkan terendah terdapat pada unit kolam indikator. Tingginya *Allochthonous* pada inlet ini dapat disebabkan oleh *Allochthonous* berasal dari limbah domestik yang masuk berupa residu cucian sayur, buah, detergen, kemungkinan tetap terbawa karena tidak bisa mengendap pada grit chamber. Sedangkan nilai puncak terendah terdapat pada unit kolam indikator, kemungkinan dapat disebabkan adanya Hal ini dapat dijelaskan oleh kondisi kolam indikator yang memiliki aliran tenang dan waktu tinggal lebih lama, sehingga memungkinkan terjadinya degradasi lebih lanjut oleh mikroorganisme alami. Selain itu, sifat kolam yang terbuka memungkinkan terjadinya fotodegradasi oleh cahaya matahari, yang mempercepat pemecahan senyawa. Adanya penurunan *Allochthonous* dari setiap unit dikarenakan sudah melewati proses pengolahan fisik dan kimia sehingga nilai puncak *Allochthonous* dapat turun.



Gambar 4. 19 Nilai *Fluorescence Intensity* Komponen *Allochthonous* pada Sampling Pertama

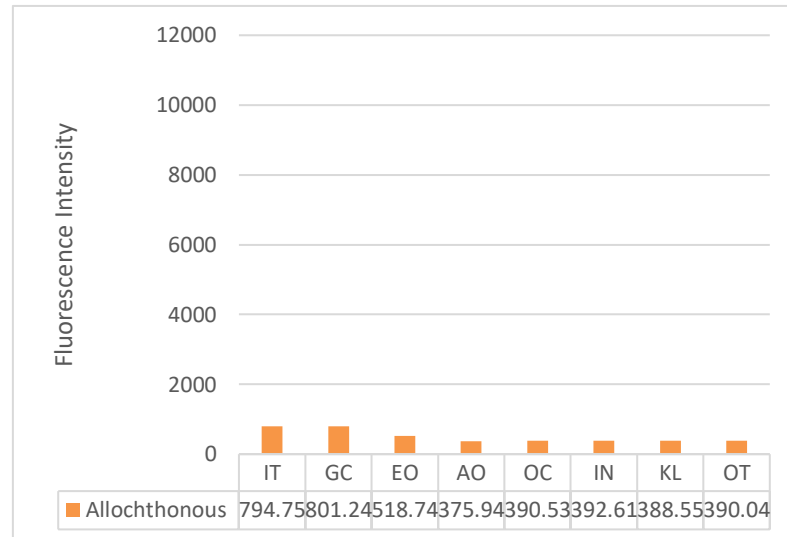


Gambar 4. 20 Efisiensi Removal *Allochthonous* pada Sampling Pertama

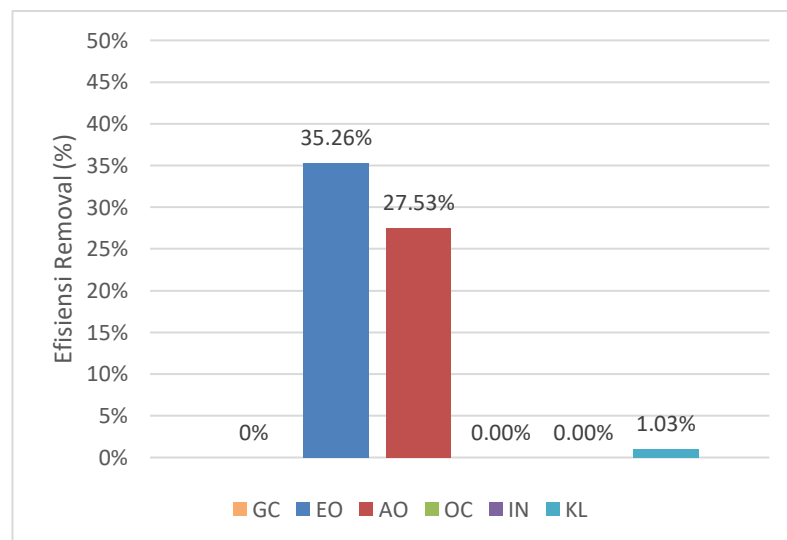
Berdasarkan Gambar 4.20, dapat dilihat bahwa efisiensi removal *allochthonous* untuk grit chamber sebesar 5,6%, pada unit ekuaisasi sebesar 19,13%, pada unit aerasi sebesar 28,48, pada unit clarifier sebesar 0%, pada unit kolam indikator sebesar 4,19%, dan pada klorinasi sebesar 0%. Sehingga dapat diketahui bahwa unit yang paling besar menghilangkan *allochthonous* yaitu pada unit aerasi.

Sedangkan pada sampling kedua, didapatkan hasil nilai puncak pada inlet sebesar 794,745. Terjadi kenaikan sedikit pada unit grit chamber sebesar 801,242. Kemudian terjadi penurunan pada unit ekualisasi dengan nilai puncak 518,7445 dan pada unit aerasi sebesar 375,9385. Terjadi peningkatan kembali pada unit clarifier dengan nilai puncak sebesar 390,5268. Pada unit kolam indikator sebesar 392,607, pada unit klorinasi sebesar 388,551, dan pada outlet sebesar 390,041. Nilai puncak tertinggi terdapat pada unit grit chamber dengan nilai yang tidak jauh berbeda dengan inlet. Sedangkan nilai terendah terdapat pada unit out aerasi. Tingginya *Allochthonous* pada grit chamber ini dapat disebabkan karena unit grit chamber hanya dirancang untuk mengendapkan pasir dan partikel berat, bukan untuk menghilangkan bahan organik terlarut. Sedangkan *Allochthonous* berasal dari limbah domestik yang masuk berupa residu

cucian sayur, buah, detergen, kemungkinan tetap terbawa karena tidak bisa mengendap pada grit chamber



Gambar 4. 21 Nilai *Fluorescence Intensity* Komponen *Allochthonous* pada Sampling Kedua



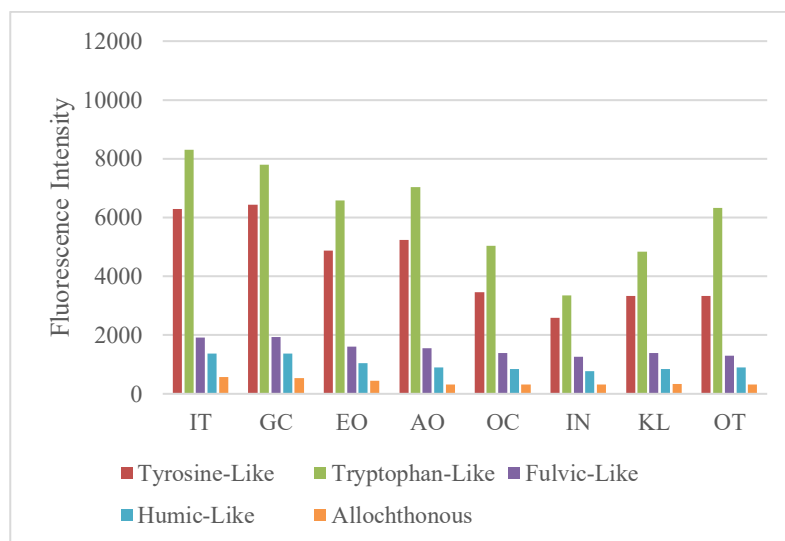
Gambar 4. 22 Efisiensi Removal *Allochthonous* pada Sampling Kedua

Berdasarkan Gambar 4.22, dapat dilihat bahwa efisiensi removal pada grit chamber 0%, pada unit ekualisasi sebesar 35,26%, pada unit aerasi sebesar 27,53%, pada unit clarifier dan kolam indikator sebesar 0%. Sedangkan klorinasi sebesar 1,03%. Terdapat perbedaan efisiensi removal pada sampling pertama dan kedua, yang mana pada sampling pertama efisiensi removal tertinggi terdapat pada unit aerasi dengan efisiensi

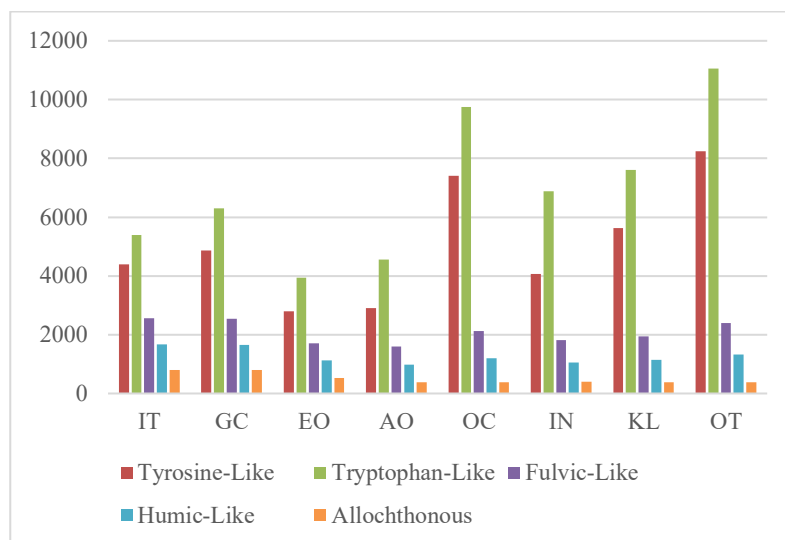
removal sebesar 28,48% sedangkan pada sampling kedua terdapat pada unit ekualisasi dengan efisiensi removal sebesar 35,26%.

4.4.1.6 Dominasi dan Efisiensi Removal Fraksi DOM

Berdasarkan hasil dari sampling pertama dan kedua yang terlihat pada Gambar 4.23 dan Gambar 4.24, diketahui bahwa fraksi *dissolved organic matter* yang mendominasi di inlet, unit grit chamber, unit ekualisasi, unit aerasi, unit clarifier, unit kolam indikator, unit klorinasi, dan outlet yaitu *Tryptophan-like* dan *Tyrosine-like*. kemudian disusul oleh *fulvic-like*, *humic-like*, *allochthonous*. Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh, bahwa pada air limbah domestik didominasi oleh *Tryptophan-like* dan *Tyrosine-like* (Yin *et al.*, 2020).

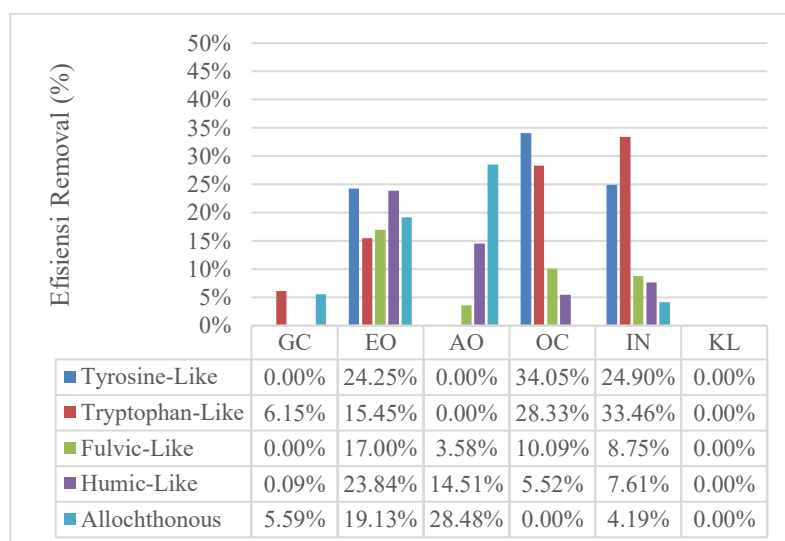


Gambar 4. 23 Nilai *Fluorescence Intensity* pada Sampling Pertama



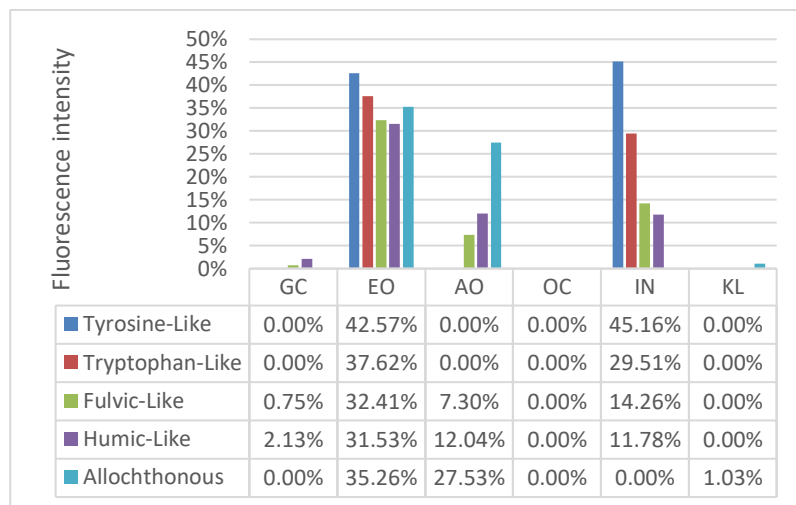
Gambar 4. 24 Nilai *Fluorescence Intensity* pada Sampling Kedua

Sedangkan berdasarkan Gambar 4.25 diketahui bahwa pada sampling pertama di unit grit chamber efisiensi removal tertinggi terdapat pada penghilangan fraksi *tryptophan-like* dengan efisiensi removal sebesar 6,15%. Sedangkan pada unit ekualisasi efisiensi removal tertinggi terdapat pada *tyrosine-like* dengan nilai sebesar 24,25%. Pada unit aerasi, efisiensi removal tertinggi terdapat pada penghilangan fraksi *allochthonous*. Pada unit kolam indikator terdapat pada penghilangan fraksi *tryptophan-like* dengan efisiensi removal sebesar 33,46%.



Gambar 4. 25 Efisiensi Removal pada Sampling Pertama

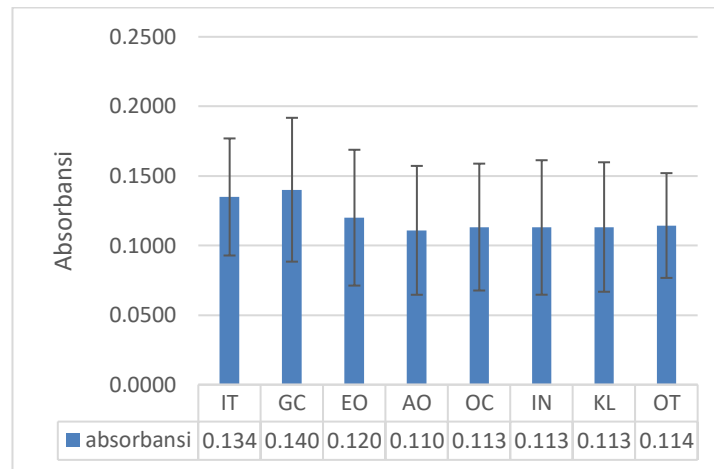
Pada Gambar 4.26, dapat diketahui bahwa efisiensi removal tertinggi pada grit chamber yaitu pada penghilangan fraksi *humic-like* sebesar 2,13%. Sedangkan pada unit ekualisasi terdapat pada *tyrosine-like* sebesar 42,57%. Pada unit aerasi terdapat pada fraksi *allochthonous* sebesar 27,53%. Kemudian pada kolam indikator terdapat pada *Tyrosine-like* sebesar 45,16% dan pada klorinasi terdapat pada *allochthonous* sebesar 1,03%.



Gambar 4. 26 Efisiensi Removal pada Sampling Kedua

4.4.2 Absorbansi UV-254

Parameter absorbansi UV 254 diuji dengan menggunakan alat Spektrofotometer UV-VIS Hitachi UH-5300 pada panjang gelombang 254 nm. Pengukuran ini digunakan untuk mengetahui keberadaan adanya senyawa aromatik kandungan zat *humic* (W. Chen & Yu, 2021). Apabila nilai absorbansi UV 254 tinggi maka semakin besar pula kandungan senyawa aromatiknya, karena terdapat hubungan yang kuat antara pengukuran UV 254 dengan senyawa aromatik (Weishaar *et al.*, 2003).



Gambar 4. 27 Nilai Absorbansi UV 254

Didapatkan hasil nilai absorbansi pada inlet sebesar 0,1349 yang kemudian meningkat pada grit chamber sebesar 0,1401. Kemudian terjadi penurunan pada unit ekualisasi dengan nilai absorbansi sebesar 0,1200 dan aerasi dengan nilai puncak sebesar 0,1109. Setelah itu, nilai puncak sedikit naik di clarifier dengan nilai 0,1133. Namun, terjadi sedikit penurunan pada kolam indikator dengan nilai sebesar 0,1130. Pada unit klorinasi nilai absorbansinya sebesar 0,1133 dan outlet sebesar 0,1144.

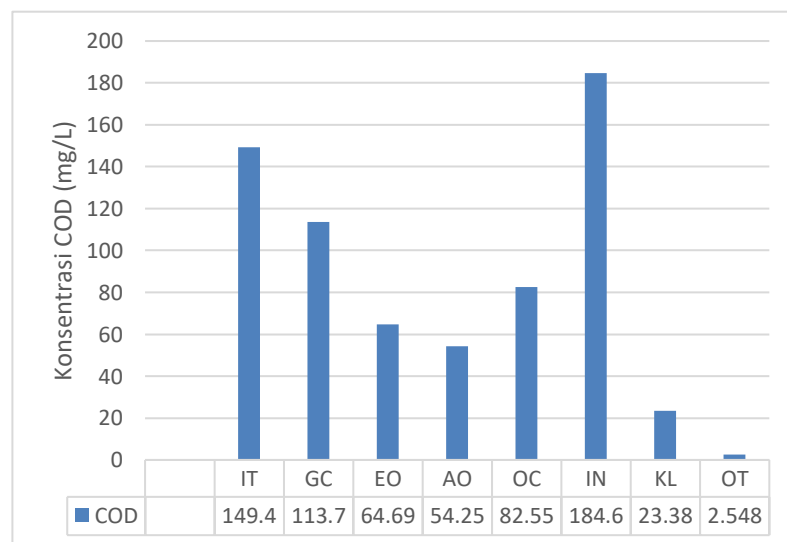
Terlihat terdapat kenaikan pada grit chamber kemungkinan dapat disebabkan sebagian besar senyawa aromatik pada inlet belum larut, sedangkan ketika di grit chamber senyawa organik akan terlepas dari padatan. Kemudian terdapat penurunan pada unit out ekualisasi. Hal ini dapat disebabkan karena terdapat waktu tinggal yang cukup sehingga terjadi pengendapan awal, yang mana partikel tersuspensi akan terendapkan. Partikel tersuspensi yang terendapkan akan mengurangi kekeruhan pada air limbah yang dapat mengurangi absorbansi UV 254 (Karanfil, Erdogan and Schlautman, 2005).

Adanya penurunan pada out aerasi dapat disebabkan oleh proses aerasi itu sendiri, yang mana proses aerasi dapat meningkatkan oksigen terlarut dalam air. Adanya oksigen ini digunakan oleh mikroorganisme untuk menguraikan bahan organik. Penelitian yang dilakukan menyebutkan bahwa nilai absorbansi UV 254 turun pada sampel yang

ditambahkan proses aerasi (Modin *et al.*, 2015). Namun, terdapat sedikit peningkatan kembali pada outlet yang dapat disebabkan oleh letak outlet di dekat sungai dan kebun. Masuknya tanah dan ke air dapat meningkatkan kandungan senyawa aromatik, karena daun dan tanah dapat menghasilkan senyawa aromatik. Pada tanah terkandung senyawa aromatik berupa fenolik dari lignin sedangkan daun mengandung tanin dan ketika terdekomposisi akan mengandung asam humat dan fulvat (Kaiser and Kalbitz, 2012).

4.4.3 COD

Chemical Oxygen Demand (COD) menjadi salah satu parameter penting dalam pengolahan limbah. COD dapat menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik melalui reaksi kimia. Adanya nilai COD ini dapat menjadi ukuran tingkat pencemaran bahan organik (Harahap, Lola Dhea Amanda and Asrul Hakim Matondang, 2020). Tingginya kadar COD akan mewakili tingginya kadar bahan organik di air. Hasil uji COD yang telah dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.28 berikut.



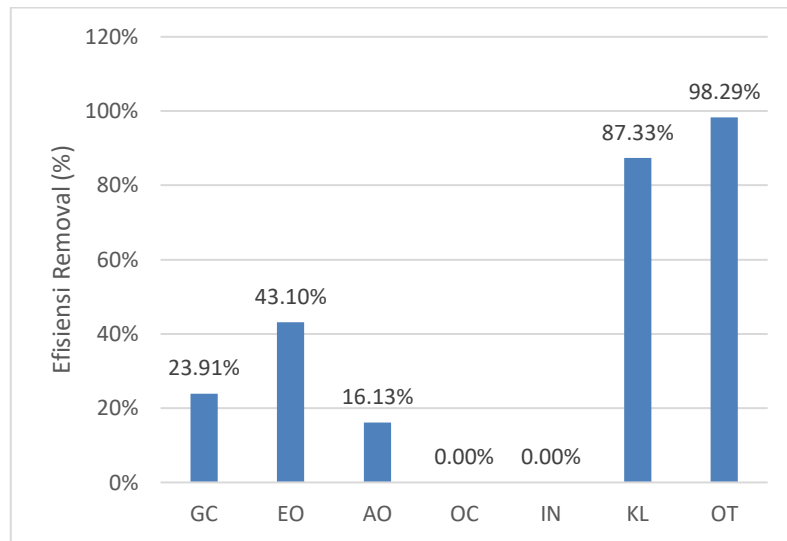
Gambar 4. 28 Hasil Pengujian COD

Berdasarkan hasil yang telah didapat, dapat dilihat bahwa untuk konsentrasi COD per unitnya yaitu pada inlet sebesar 149,404, pada grit chamber sebesar 113,682, pada out ekualisasi sebesar 64,688, pada out

pada out aerasi sebesar 71,758, pada out clarifier sebesar 82,549, pada kolam indikator sebesar 184,628, pada klorinasi sebesar 23,384, dan pada outlet sebesar 2,548. Konsentrasi COD tertinggi terdapat pada unit kolam indikator dengan konsentrasi sebesar 184,628 mg/L. Sedangkan yang terendah terdapat pada outlet dengan konsentrasi COD sebesar 2,548 mg/L.

Tingginya COD pada inlet ini menunjukkan bahwa terdapat beban pencemar organik yang tinggi masuk ke IPAL. Namun, setelah melalui proses pengolahan terjadi penurunan konsentrasi COD secara bertahap dari inlet hingga ke unit aerasi. Menurunnya COD pada proses pengolahan di unit grit chamber dapat disebabkan pengendapan bersama pasir pada fraksi bahan organik yang berupa organik partikulat. Sedangkan penurunan di unit ekualisasi dapat disebabkan adanya pengendapan partikel organik besar pada dasar tangki ekualisasi yang dapat mengurangi jumlah padatan tersuspensi dalam air limbah sehingga akan menurunkan nilai COD. Adanya penurunan di unit aerasi dapat disebabkan adanya penguraian bahan organik oleh mikroorganisme pada kondisi aerobik, yang mana dengan adanya aerasi maka dapat mensuplai oksigen mikroorganisme aerob untuk menguraikan bahan organik (Abukhanafer *et al.*, 2024). Selain itu, adanya penurunan tersebut dapat disebabkan oleh adanya aerasi yang dapat mempercepat proses penghilangan COD (Rossmann *et al.*, 2013). Tingginya konsentrasi COD pada unit kolam indikator dapat disebabkan oleh mengendapnya partikel halus dan lumpur di dasar kolam karena pada kolam indikator memiliki retensi lebih lama dan arus yang lebih lambat. Selain itu, ikan-ikan di kolam indikator dapat menghasilkan limbah metabolik berupa feses dan urin yang mengandung senyawa organik terlarut dan tersuspensi.

Hasil COD yang didapatkan pada outlet telah memenuhi baku mutu PermenLHK No. 68 Tahun 2016 dengan batas maksimal 100 mg/L dan Perda DIY No. 7 Tahun 2016 dengan batas maksimal 200 mg/L.



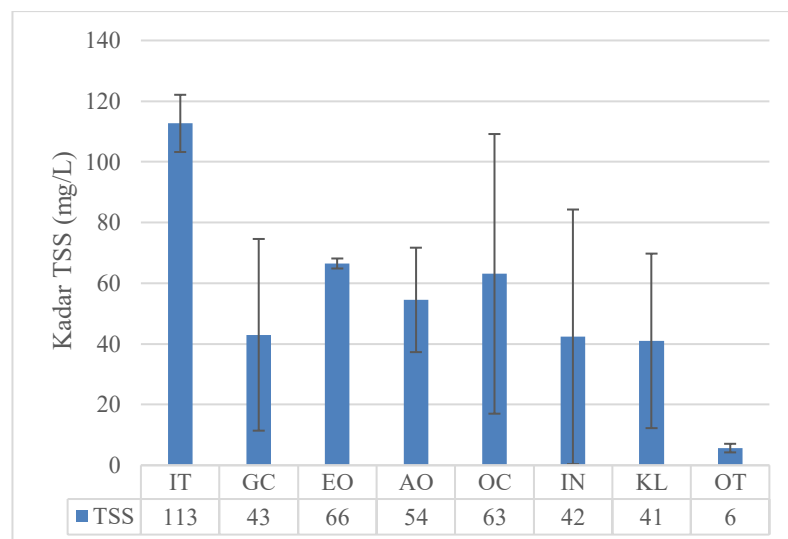
Gambar 4. 29 Efisiensi Removal COD

Berdasarkan Gambar 4.25, dapat dilihat bahwa efisiensi removal COD untuk unit grit chamber sebesar 23,19%, unit ekualisasi sebesar 43,10%, unit aerasi sebesar 16,13%, unit clarifier dan kolam indikator 0%, unit klorinasi sebesar 87,33. Secara keseluruhan, efisiensi removal COD unit pengolahan pada IPAL Bambanglipuro yaitu sebesar 98,29%. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan (He *et al.*, 2022), efisiensi removal COD pada unit grit chamber relatif sedikit yaitu sebesar 2,36%. Jika dibandingkan dengan hasil pada Gambar 4.24, terdapat perbedaan yang cukup jauh. Hal ini dapat disebabkan adanya perbedaan karakteristik air limbah yang masuk, yang mana air limbah pada IPAL Bambanglipuro kemungkinan mengandung lebih banyak partikel kasar dan bahan organik yang mudah mengendap sehingga penghilangan COD menjadi lebih besar. Selain itu, desain dan kondisi operasional pada grit chamber dapat mempengaruhi efisiensinya. Penelitian yang dilakukan oleh (Parekh and Ban, 2018), didapatkan nilai efisiensi removal COD pada unit klorinasi sebesar 64% dengan konsentrasi 900 ppm pada waktu kontak 50 menit. Apabila dibandingkan dengan hasil percobaan, terdapat selisih yang cukup banyak yaitu 87,33% dengan 64%. Hal ini dapat disebabkan perbedaan jenis dan konsentrasi klorin yang digunakan serta perbedaan waktu kontak yang dilakukan. Selain itu, sampel air limbah yang kaya akan *tyrosine* dan

tryptophan memiliki cincin aromatik yang sangat rekatif terhadap klorin. Sehingga saat klorin ditambahkan, maka senyawa-senyawa tersebut akan teroksidasi dan konsentrasi COD akan turun (Eric Lichtfouse, Jan Schwarzbauer and Didier Robert, 2012). Secara keseluruhan, didapatkan efisiensi removal COD dari inlet-outlet yaitu sebesar 98,29% yang dapat dikatakan sangat efisien. Pada penelitian yang dilakukan oleh (Lestari, 2020), didapatkan hasil efisiensi removal COD sebesar 67,52%-80,58%. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh (Aib *et al.*, 2024), didapatkan hasil efisiensi removal untuk COD sebesar 92%. Terdapat perbedaan yang tidak cukup jauh, dapat disebabkan adanya perbedaan karakteristik air limbah dan kondisi operasional.

4.4.4 TSS

Total Suspended Solid (TSS) merupakan residu dari padatan total yang tertahan oleh saringan dengan ukuran maksimal 2 μm atau lebih besar dari ukuran partikel koloid. Adanya TSS dapat memberikan kontribusi pada kekeruhan, yang mana adanya TSS ini dapat membatasi penetrasi cahaya untuk fotosintesis dan visibilitas di perairan (Harahap, Lola Dhea Amanda and Asrul Hakim Matondang, 2020). Hasil pengujian TSS dapat dilihat pada Gambar 4.26

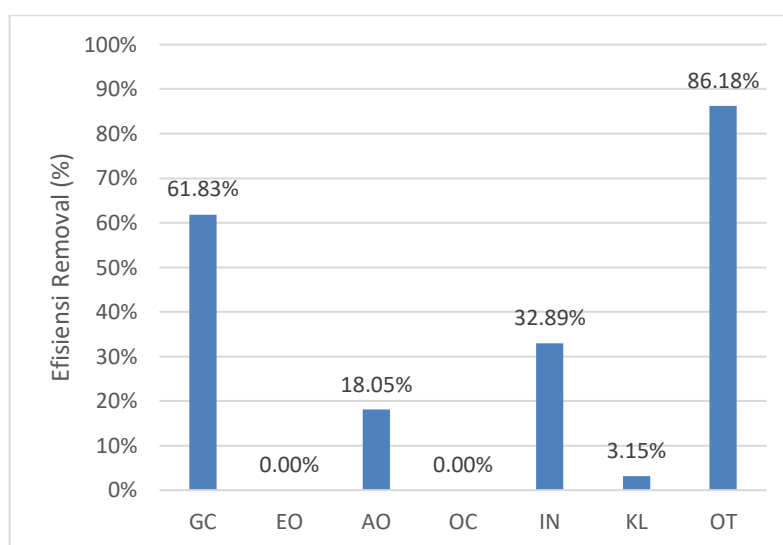


Gambar 4. 30 Hasil Pengujian TSS

Berdasarkan data yang telah didapatkan, dapat diketahui bahwa kadar TSS tertinggi terdapat pada inlet dengan nilai sebesar 113 mg/L. Setelah melalui unit Grit Chamber, kadar TSS menurun menjadi 43 mg/L. Namun, pada unit ekualisasi terjadi peningkatan TSS menjadi 66 mg/L. Selanjutnya, pada unit outlet aerasi diperoleh hasil yang menunjukkan penurunan kadar TSS menjadi 54 mg/L. Kemudian pada unit out clarifier, kadar TSS naik menjadi 63 mg/L. Setelah melalui clarifier, air limbah mengalir menuju Kolam Indikator, di mana kadar TSS tercatat menurun hingga 42 mg/L. Sedangkan pada unit klorinasi terjadi sedikit penurunan menjadi 41 mg/L dan pada outlet menurun cukup banyak yaitu sebesar 6 mg/L.

Tingginya kadar TSS pada inlet dapat disebabkan air yang masuk masih membawa banyak material tersuspensi seperti tanah, lumpur, residu aktivitas dari manusia. Dikarenakan belum mengalami proses pemisahan atau pengendapan sehingga semua material padat masih terbawa secara utuh ketika masuk ke IPAL. Terjadi penurunan pada ekualisasi karena pada unit ini berfungsi untuk mengendapkan partikel kasar dan berat seperti pasir dan kerikil melalui proses sedimentasi. Kemudian terjadinya kenaikan pada ekualisasi dapat disebabkan adanya agitasi yang menyebabkan partikel halus yang sebelumnya mengendap kembali tersuspensi, sehingga meningkatkan kadar TSS (Englande, Krenkel and Shamas, 2015). Pada proses aerasi terjadi penurunan yang dapat disebabkan adanya penambahan oksigen sehingga dapat mendukung penguraian bahan organik oleh mikroorganisme (Sisnayati *et al.*, 2021). Sedangkan peningkatan yang cukup signifikan kadar TSS pada out clarifier disebabkan oleh aliran masuk ke clarifier yang terlalu besar sehingga waktu tinggal jadi pendek sehingga partikel tersuspensi tidak sempat mengendap dan terbawa keluar. Di outlet, terjadi penurunan yang cukup banyak, menandakan bahwa proses pengolahan yang dilakukan telah efektif dalam menghilangkan sebagian besar padatan tersuspensi.

Hasil TSS pada inlet tersebut belum memenuhi baku mutu PermenLHK No. 68 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik dengan batas maksimal 30 mg/L dan Perda DIY No. 7 Tahun 2016 dengan batas maksimal 75 mg/L. Namun, terjadi penurunan TSS pada outlet dengan kadar TSS sebesar 6 mg/L. Hasil ini menunjukkan telah sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan. Artinya, unit pengolahan pada IPAL dapat bekerja optimal dalam menurunkan TSS pada air limbah.



Gambar 4. 31 Efisiensi Removal TSS

Efisiensi removal TSS pada unit grit chamber sebesar 61,83%, pada unit ekualisasi 0%, pada unit aerasi 18,05%, pada unit clarifier 0%, pada unit kolam indikator 32,89%, pada unit klorinasi 3,15%, dan pada keseluruhan unit inlet-outlet sebesar 86,18%. Menurut (*Qasim, 1986*), efisiensi removal TSS pada unit grit chamber sebesar 0-10%. Artinya, hasil pada pengujian ini tidak memenuhi baku mutu tersebut. Efisiensi removal yang melebihi standar akan menyebabkan *grit storage* cepat penuh dan periode pengurasi semakin cepat. Apabila *grit storage* penuh dan tidak dilakukan pengurusan, maka akan menyebabkan partikel grit yang terbawa oleh aliran air limbah ke unit pengolahan selanjutnya (*Jurnal et al., 2016*). Sedangkan menurut Metcalf & Eddy pada jurnal penelitian oleh (*I Gede Agus Sastrawijaya et al., 2022*), rentang nilai efisiensi removal TSS pada bak ekualisasi sebesar 50%-70%.

Namun, pada pengujian didapatkan efisiensi removal minus, artinya tidak dapat menurunkan kandungan TSS. Hal ini kemungkinan dapat disebabkan adanya resuspensi partikel yang sebelumnya mengendap di dasar bak dan adanya fluktuasi konsentrasi TSS akibat debit masuk tidak stabil. Sementara standar efisiensi removal untuk TSS pada unit aerasi berdasarkan Qasim, 1999 pada jurnal yaitu sebesar 80%-90%. Sedangkan pada pengujian didapatkan efisiensi removal untuk unit aerasi sebesar 18,05%, yang mana hasil tersebut cukup jauh dengan standar yang ada. Secara keseluruhan, didapatkan efisiensi removal TSS sebesar 86,18%. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Sutanhaji, Suharto and Darmawan, 2021), diketahui bahwa efisiensi removal TSS keseluruhan IPAL yaitu sebesar 97,82%. Hasil yang didapatkan berdasarkan pengujian tidak begitu jauh berbeda. Namun, hasil tersebut cukup tinggi yang dapat disebabkan waktu retensi pada setiap bak yang sangat lama di atas standar. Waktu retensi yang terlalu lama dapat disebabkan debit limbah yang masuk sangat kecil. Adanya waktu retensi yang lama dapat mengakibatkan pengolahan yang berlebihan (Sutanhaji, Suharto and Darmawan, 2021).

4.5 Korelasi antar Parameter DOM

Hubungan antar parameter organik dianalisis dengan Uji *Spearman*. Nilai dari Uji *Spearman* dapat menunjukkan besarnya hubungan antar parameter dari DOM. Interpretasi tingkat hubungan yang dihasilkan dapat dilihat berdasarkan angka koefisien korelasi yang terdapat pada Tabel 3. 5. Berikut merupakan hasil uji korelasi antar parameter DOM.

4.5.1 FEEM dan UV-254

Pada parameter *fluorescence* EEM dan UV 254 dapat dilakukan uji korelasi guna mengetahui hubungan yang terbentuk antar parameter tersebut. Adanya uji ini dapat mengetahui kekuatan hubungan antar parameter tersebut. *fluorescence* EEM dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa organik kompleks seperti *protein-like* dan *humic-like*. Sedangkan UV 254 dapat digunakan untuk mengidentifikasi

senyawa aromatik. Hubungan antara parameter *fluorescence* EEM dan UV 254 dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4. 6 Korelasi Parameter Fluorescence EEM dan UV 254

Komponen DOM	UV 254	
	Koefisien korelasi <i>Spearman</i>	Signifikansi
<i>Tyrosine-like</i>	0,231	0,067
<i>Tryphtopan-like</i>	0,126	0,320
<i>Fulvic Acid</i>	0,783	<0,001
<i>Humic-Like</i>	0,744	<0,001
<i>Allochtonous</i>	0,673	<0,001

Berdasarkan data pada tabel di atas, diperoleh data untuk signifikansi positif yang berarti bahwa terdapat hubungan yang searah antara setiap komponen DOM dengan UV 254. Adanya penurunan *fluorescence intensity* pada setiap komponen DOM akan diikuti dengan penurunan nilai absorbansi UV 254. Pada *Tyrosine* dan UV 254 terdapat korelasi yang lemah dengan nilai korelasi 0,231 dan tidak berhubungan signifikan ditandai dengan nilai $\text{sig} > 0,05$. Terdapat korelasi yang sangat lemah antara *Tryphtopan-like* dan UV 254 dengan nilai korelasi 0,126 dan tidak berhubungan signifikan. Sedangkan pada 3 komponen DOM lainnya terdapat korelasi yang kuat, yaitu pada *Fulvic-Like* dengan UV 254 dengan nilai korelasi 0,783, *Humic-Like* dengan UV 254 dengan nilai korelasi 0,744, dan *Allochtonous* dengan UV 254 dengan nilai korelasi 0,673 serta memiliki hubungan yang signifikan. Hubungan yang kuat antara UV 254 dan DOM ini menandakan bahwa UV 254 dapat digunakan sebagai indikator untuk memantau fraksi DOM dalam pengolahan air. Senyawa DOM seperti *humic* menunjukkan hubungan yang kuat dengan nilai UV 254 (Abdallah Baghoth, 2012).

4.5.2 FEEM dan COD

Pada parameter *fluorescence* EEM dan COD, dapat dilakukan uji korelasi guna mengetahui hubungan yang terbentuk antar kedua parameter tersebut. Adanya uji korelasi ini bertujuan untuk mengidentifikasi kandungan bahan organik yang terdapat dalam sampel air limbah. Adanya metode *fluorescence* EEM bertujuan untuk mengidentifikasi senyawa

organik kompleks seperti *protein-like* dan *humic-like*. Sedangkan uji COD dilakukan untuk mengetahui jumlah oksige yang dibutuhkan dalam mengoksidasi total bahan organik yang terdapat pada sampel air limbah. Hubungan antara parameter *fluorescence* EEM dan COD, terdapat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4. 7 Korelasi Parameter Fluorescence EEM dan COD

Komponen DOM	COD	
	Koefisien korelasi <i>Spearman</i>	Signifikansi
<i>Tyrosine-like</i>	0,069	0,708
<i>Tryptopan-like</i>	0,016	0,930
<i>Fulvic Acid</i>	0,151	0,411
<i>Humic-Like</i>	0,074	0,686
<i>Allochtonous</i>	0,101	0,584

Berdasarkan pada Tabel 4.8 di atas, dapat diketahui bahwa terdapat hubungan yang positif antara parameter *fluorescence* EEM dan COD, artinya terdapat hubungan yang searah. Adanya hubungan searah ini diartikan bahwa ketika terjadi peningkatan nilai pada parameter *fluorescence* EEM, maka akan terjadi juga peningkatan pada parameter COD. Terdapat korelasi yang sangat lemah antara komponen *Tyrosine-like* dan COD pada nilai koefisien korelasi sebesar 0,069. Pada komponen *Tryptopan-like* dan COD juga terdapat korelasi yang lemah dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,016. Pada komponen *Fulvic Acid* dan COD, didapatkan korelasi yang sangat lemah dengan nilai korelasi 0,151. Pada *Humic-like* dan *Allochtonous* juga terdapat korelasi yang lemah dengan nilai koefisien korelasi masing-masing 0,074 dan 0,101.

Lemahnya hubungan antara parameter *fluorescence* EEM dan COD dapat disebabkan adanya perbedaan karakteristik bahan organik antar kedua parameter. Pada parameter *fluorescence* EEM dapat mengidentifikasi jenis dan konsentrasi dari senyawa humat, protein, dan senyawa aromatik. Sedangkan parameter COD hanya dapat mengetahui terkait jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi bahan organik di dalam air (Qi *et al.*, 2023).

4.5.3 FEEM dan TSS

Pada parameter fluorescence EEM dan UV 254 dapat dilakukan uji korelasi guna mengetahui hubungan yang terbentuk antar parameter tersebut. Adanya uji ini dapat mengetahui kekuatan hubungan antar parameter tersebut. *Fluorescence* EEM dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa organik kompleks seperti *protein-like* dan *humic-like*. Sedangkan TSS digunakan untuk mengukur jumlah partikel padatan tersuspensi dalam air. Pada Tabel 4.9 merupakan korelasi parameter *Fluorescence* EEM dan TSS.

Tabel 4. 8 Korelasi Parameter *Fluorescence* EEM dan TSS

Komponen DOM	TSS	
	Koefisien korelasi <i>Spearman</i>	Signifikansi
Tyrosine-like	0,267	0,033
Tryptopan-like	0,233	0,064
Fulvic Acid	0,401	0,001
Humic-Like	0,466	<0,001
Allochtonous	0,470	<0,001

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa terdapat satu signifikansi yang nilainya $>0,05$ yang artinya tidak terdapat hubungan yang signifikan antar 2 parameter, yaitu pada *Tryptopan* dan TSS. Sedangkan untuk *Tyrosine*-TSS, *Fulvic*-TSS, *Humic*-TSS, *Fulvic*-TSS memiliki hubungan signifikan. Terdapat tingkat korelasi yang lemah pada *Tyrosine* dan TSS dengan nilai korelasi sebesar 0,267. Pada *Tryptopan* dan TSS terdapat tingkat korelasi yang lemah dengan nilai koefisien korelasi sebesar 0,233. Pada *Fulvic* dan TSS, terdapat korelasi positif dengan koefisien korelasi 0,401 yang tergolong pada tingkat korelasi sedang. Pada *Humic* dan TSS didapatkan korelasi positif dengan koefisien korelasi 0,466, yang mana tergolong pada tingkat korelasi sedang. Sedangkan pada *Allochtonous* dan TSS, didapatkan korelasi positif dengan koefisien korelasi 0,470, yang mana itu dapat tergolong pada tingkat hubungan sedang.

4.5.4 UV-254 dan COD

Parameter UV-254 dan COD dapat digunakan uji korelasi guna mengetahui hubungan yang terbentuk antar kedua parameter tersebut. Parameter UV-254 dapat merepresentasikan bahan organik di dalam air yang mempunyai sifat aromatik. Sedangkan COD dapat merepresentasikan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi total bahan organik yang ada dalam sampel. Hubungan antara parameter UV-254 dan COD dengan uji korelasi dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4. 9 Korelasi Parameter UV 254 dan COD

	COD	
	Koefisien korelasi <i>Spearman</i>	Signifikansi
UV 254	0,576	<0,001

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa terdapat hubungan yang searah (positif) antara parameter UV 254 dan COD, yang artinya kenaikan nilai UV 254 akan diikuti dengan kenaikan nilai COD. Diketahui juga nilai signifikasi <0,05 yang berarti terdapat hubungan yang signifikan. Pada parameter UV 254 dan COD, didapatkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,567. Nilai koefisien relasi tersebut dapat tergolong dalam tingkat korelasi yang sedang antara parameter UV 254 dan COD.

4.5.5 UV-254 dan TSS

Pada parameter UV 254 dan TSS dilakukan uji korelasi guna mengetahui hubungan yang terbentuk antar parameter tersebut. Adanya uji ini dapat mengetahui kekuatan hubungan antar parameter tersebut. Pengujian UV 254 dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa aromatik yang terdapat pada sampel. Sedangkan TSS digunakan untuk mengukur jumlah partikel padatan tersuspensi dalam air.

Tabel 4. 10 Korelasi Parameter UV 254 dan TSS

	TSS	
	Koefisien korelasi <i>Spearman</i>	Signifikansi
UV 254	0,233	0,064

Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa terdapat korelasi positif yang menunjukkan adanya kecenderungan hubungan searah antara UV

254 dan TSS, artinya peningkatan nilai UV 254 akan diikuti dengan peningkatan TSS. Nilai signifikansi sebesar 0,064 ($p>0,05$) menunjukkan bahwa kedua parameter tidak berhubungan secara signifikan. Sedangkan nilai koefisien korelasi sebesar 0,233 dapat tergolong dalam tingkat hubungan yang lemah.

4.5.6 TSS dan COD

Pada parameter TSS dan COD dilakukan uji korelasi guna mengetahui hubungan yang terbentuk antar parameter tersebut. Pengujian TSS TSS digunakan untuk mengukur jumlah partikel padatan tersuspensi dalam air. Sedangkan COD dapat merepresentasikan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi total bahan organik yang ada dalam sampel. Hubungan antara parameter TSS dan COD dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

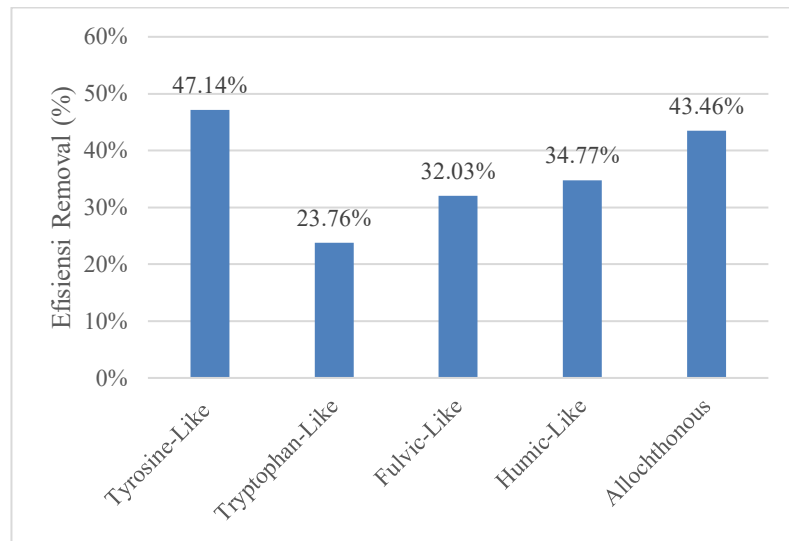
Tabel 4. 11 Korelasi Parameter TSS dan COD

	COD	
	Koefisien korelasi <i>Spearman</i>	Signifikansi
TSS	0,301	0,094

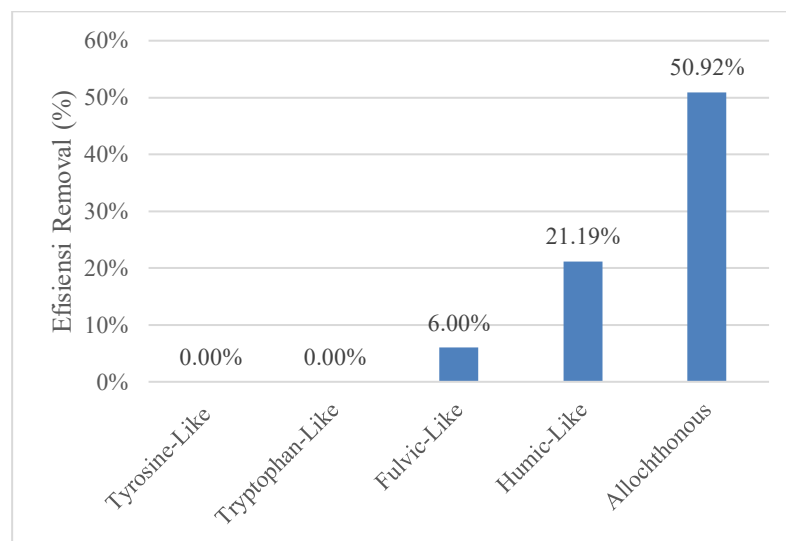
Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa terdapat korelasi yang positif (searah) antara parameter TSS dan COD, yang mana ketika kadar TSS naik maka konsentrasi COD juga akan naik. Didapatkan hasil koefisien korelasi sebesar 0,301 yang tergolong ke dalam tingkat korelasi rendah. Nilai signifikansi 0,094 ($p>0,05$) dapat diartikan bahwa antara parameter TSS dan COD tidak berhubungan secara signifikan.

4.6 Efisiensi Removal DOM IPAL Bambanglipuro

Efisiensi removal dilakukan untuk mengetahui kinerja instalasi pengolahan air limbah dalam mengurangi kandungan pencemar mulai dari inlet hingga outlet. Perhitungan efisiensi removal ini dilakukan dengan mengetahui data pengujian pada inlet hingga outlet. Berikut merupakan persentase removal sebagaimana terlihat pada Gambar 4.28 dan Gambar 4.29 berikut.



Gambar 4. 32 Efisiensi Removal Keseluruhan Komponen DOM pada Sampling Pertama



Gambar 4. 33 Efisiensi Removal Keseluruhan Komponen DOM pada Sampling Kedua

Pada sampling pertama, dapat diketahui bahwa pada unit-unit pengolahan IPAL Bambanglipuro efisiensi removal tertinggi yaitu pada penghilangan senyawa *Tyrosine-likei* dengan efisiensi removal sebesar 47,14% yang tergolong pada kategori cukup efisien. Sedangkan efisiensi removal terendah terdapat pada *tryptophan-like* dengan nilai sebesar 23,76% yang tergolong kurang efisien. Terdapat perbedaan dengan sampling kedua, yang mana pada sampling kedua efisiensi removal tertinggi terdapat penghilangan

allochthonous dengan efisiensi removal sebesar 50,92% yang dapat dikategorikan cukup efisien. Sedangkan pada *tyrosine-like* dan *tryptophan-like* justru efisiensi removalnya 0%. Artinya pada unit pengolahan IPAL Bambanglipuro tidak dapat menurunkan kandungan *tyrosine-like* dan *tryptophan-like*

Hasil ini menunjukkan bahwa proses pengolahan pada IPAL belum berjalan secara optimal, ditandai oleh cukup rendahnya performa dalam penurunan fraksi DOM. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor seperti desain unit yang kurang tepat, waktu tinggal yang tidak mencukupi, atau sistem aerasi yang tidak berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi dan optimasi terhadap desain teknis maupun operasional sistem IPAL agar proses pengolahan dapat berjalan secara efektif dan efisien. sebagian besar unit pengolahan memiliki tingkat efisiensi yang rendah.

Berdasarkan penelitian (Li *et al.*, 2020), diketahui bahwa efisiensi removal untuk *Protein-like* sebesar 30%-40%. Pada *terrestrial humic-like* sebesar 30%-40% dan pada *microbial humic-like* sebesar 11%-41%. Apabila dibandingkan dengan pengujian yang dilakukan, tidak terdapat perbedaan yang jauh pada *protein-like* yaitu berkisar antara 23,76-47,41% pada sampling pertama. Sedangkan untuk *humic-like* pada sampling pertama juga tidak terdapat perbedaan yang jauh yaitu efisiensi removalnya sebesar 32,03%-43,46%. Sedangkan pada sampling kedua, efisiensi removalnya sebesar 6%-50,92%, yang mana ini terdapat perbedaan yang cukup banyak pada senyawa *allochthonous*.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik *Dissolved Organic Matter* yang mendominasi pada inlet, grit chamber, outlet ekualisasi, outlet aerasi, outlet clarifier, outlet kolam indikator, outlet klorinasi, dan outlet hasil pengolahan yaitu *Tyrosine-like* (Peak B) dan *Tryptophan-like* (Peak T1 dan T2).
2. Pada sampling pertama, unit yang paling efektif menghilangkan *Tyrosine-like* yaitu clarifier sebesar 34,05%. Sedangkan untuk *Tryptophan-like* terdapat pada unit kolam indikator sebesar 33,46%. Untuk fraksi *Fulvic-like*, *Humic-like* penghilangan tertinggi terjadi pada Unit Ekualisasi, dengan nilai masing-masing sebesar 17% untuk *Fulvic-like*, 23,84% untuk *Humic-like*. Penghilangan *Allochthonous* tertinggi terdapat pada unit aerasi sebesar 28,48%. Sedangkan pada sampling kedua, unit yang paling efektif menghilangkan *Tyrosine-like* yaitu kolam indikator sebesar 45,16%. Sedangkan untuk *Tryptophan-like* terdapat pada unit ekualisasi sebesar 37,62%. Untuk fraksi *Fulvic-like*, *Humic-like* penghilangan tertinggi terjadi pada Unit Ekualisasi, dengan nilai masing-masing sebesar 32,41% untuk *Fulvic-like* dan 31,53% untuk *Humic-like*. Penghilangan *Allochthonous* tertinggi terdapat pada unit ekualisasi sebesar 35,26%.

Secara keseluruhan, efisiensi penghilangan di seluruh unit pengolahan pada kedua sampling adalah sebesar 47,14% untuk *Tyrosine-like*, 23,76% untuk *Tryptophan-like*, 32,03% dan 6% untuk *Fulvic-like*, 34,77% dan 21,19 untuk *Humic-like*, dan 43,46% dan 50,92 untuk DOM *Allochthonous-like*.

3. Pada penelitian ini didapatkan korelasi positif yang dikategorikan dalam tingkat korelasi kuat. Tingkat korelasi kuat terdapat pada hubungan antara parameter *fluorescence* EEM dan parameter UV 254 yaitu pada *Fulvic-Like* dengan UV 254, *Humic-Like* dengan UV 254, dan *Allochthonous* dengan UV 254.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yaitu sebagai berikut:

1. Diperlukan adanya penelitian lebih lanjut mengenai karakteristik DOM agar mendapatkan hasil pengukuran yang lebih representatif dengan pengambilan sampel pada waktu-waktu yang berbeda.
2. Diperlukan pengukuran dengan KMnO_4 dan TOC untuk lebih mengetahui kandungan bahan organik pada sampel air.
3. Saran bagi pihak IPAL Bambanglipuro agar lebih ketat lagi dalam pemantauan air limbah yang masuk ke IPAL.
4. Perlu adanya sistem monitoring dan pencatatan secara berkala pada unit pengolahan yang ada agar dapat diketahui keadaan unit dan performa pengolahan.

Daftar Pustaka

- Abdallah Baghoth, S. (2012) *Characterizing Natural Organic Matter In Drinking Water Treatment Processes And Trains Saeed Abdallah Baghoth*. Available At: Www.Ba.Balkema.Nl.
- Abukhanafer, G. *Et Al.* (2024) 'Optimizing Aeration Cycles For Enhanced Cod And Bod5 Removal In Domestic Wastewater Treatment: A Case Study From Al-Hilla City, Iraq', *Journal Of Global Scientific Research In Multidisciplinary Studies*, 9(9), Pp. 2024–3621. Available At: <https://doi.org/10.5281/figshare.2024.13753884>.
- Aib, H. *Et Al.* (2024) 'Evaluating The Efficiency Of Wastewater Treatment Plants In The Northern Hungarian Plains Using Physicochemical And Microbiological Parameters', *Water (Switzerland)*, 16(24). Available At: <https://doi.org/10.3390/w16243590>.
- Ali Gunawan, M. (2015) *Biografi Penulis*.
- Bavumiragira, J.P., Ge, J. And Yin, H. (2022) 'Fate And Transport Of Pharmaceuticals In Water Systems: A Processes Review', *Science Of The Total Environment*. Elsevier B.V. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153635>.
- Bieroza, M., Baker, A. And Bridgeman, J. (2009) 'Relating Freshwater Organic Matter Fluorescence To Organic Carbon Removal Efficiency In Drinking Water Treatment', *Science Of The Total Environment*, 407(5), Pp. 1765–1774. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2008.11.013>.
- Burleson, J.L., Peyton, G.R. And Glaze, W.H. (1978) *Chlorinated Tyrosine In Municipal Waste Treatment Plant Products After Superchlorination*, *Bull. Environm. Contam. Toxicol.*
- Chaminda, T., Nakajima, F. And Kasuga, I. (2010) *Biological Alteration Of Zinc Complexation Characteristics Of Dissolved Organic Matter In Domestic Wastewater Treatment Plant Effluent Under River Water Environment*, *Journal Of Water And Environment Technology*.

- Chen, W. *Et Al.* (2003) 'Fluorescence Excitation-Emission Matrix Regional Integration To Quantify Spectra For Dissolved Organic Matter', *Environmental Science And Technology*, 37(24), Pp. 5701–5710. Available At: <https://doi.org/10.1021/es034354c>.
- Chen, W. And Yu, H.Q. (2021) 'Advances In The Characterization And Monitoring Of Natural Organic Matter Using Spectroscopic Approaches', *Water Research*. Elsevier Ltd. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116759>.
- Chen, X. *Et Al.* (2024) 'Fast Tracking And Detection Of Organic Matter In An Urban Sewage Treatment Plant Using Fluorescence Spectroscopy And Uv-Vis Absorption Spectroscopy'. Available At: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4130393/v1>.
- Dameanti, F.N.A. *Et Al.* (2022) 'Analisis Kualitas Air Limbah Peternakan Sapi Perah Berdasarkan Nilai Biochemical Oxygen Demand (Bod), Chemical Oxygen Demand (Cod), Ph Dan Escherichia Coli Di Kabupaten Kediri', *Ternak Tropika Journal Of Tropical Animal Production*, 23(1), Pp. 71–79. Available At: <https://doi.org/10.21776/Ub.Jtapro.2022.023.01.9>.
- Djoharam, V., Riani, E. And Yani, M. (2018) 'Analisis Kualitas Air Dan Daya Tampung Beban Pencemaran Sungai Pesanggrahan Di Wilayah Provinsi Dki Jakarta', *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam Dan Lingkungan (Journal Of Natural Resources And Environmental Management)*, 8(1), Pp. 127–133. Available At: <https://doi.org/10.29244/jpsl.8.1.127-133>.
- Englande, A.J., Krenkel, P. And Shamas, J. (2015) 'Wastewater Treatment & Water Reclamation☆', In *Reference Module In Earth Systems And Environmental Sciences*. Elsevier. Available At: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09508-7>.
- Eric Lichtfouse, Jan Schwarzbauer And Didier Robert (2012) *Environmental Chemistry For A Sustainable World*.
- Fadzry, N. *Et Al.* (2021) 'Analysis Of Cod, Bod And Do Levels In Wastewater Treatment Instalation (Ipal) At Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah Dan Air Minum Perkotaan Dinas Pup-Esdm Yogyakarta', *Ijcer*

- (*International Journal Of Chemistry Education Research*), Pp. 78–83.
Available At: <https://doi.org/10.20885/Ijcer.Vol5.Iss2.Art5>.
- Febri, S.P. (2023) ‘Pengaruh Pemberian Jenis Batu Aerasi Yang Berbeda Terhadap Kelimpahan Oksigen Terlarut’, *Jurnal Ilmiah Satya Minabahari*, 8(2), Pp. 56–63. Available At: <https://doi.org/10.53676/Jism.V8i2.143>.
- Fikri, M. (2021) *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal Ke-9 Tahun 2021*.
- Filella, M. (2009) ‘Freshwaters: Which Nom Matters?’, *Environmental Chemistry Letters*. Springer Verlag, Pp. 21–35. Available At: <https://doi.org/10.1007/S10311-008-0158-X>.
- Fitri, D.L., Rosariawari, F. And Sari, A.P. (2025) ‘Analisis Deskriptif Performa Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Berdasarkan Parameter Bod, Cod Dan Tss Pada Industri Pengalengan Bekicot’, *Manufaktur: Publikasi Sub Rumpun Ilmu Keteknikan Industri*, 3(2). Available At: <https://doi.org/10.61132/Manufaktur.V3i2.831>.
- Goffin, A. *Et Al.* (2025) ‘Improving Monitoring Of Dissolved Organic Matter From The Wastewater Treatment Plant To The Receiving Environment: A New High-Frequency In Situ Fluorescence Sensor Capable Of Analyzing 29 Pairs Of Ex/Em Wavelengths’, *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular And Biomolecular Spectroscopy*, 325. Available At: <https://doi.org/10.1016/J.Saa.2024.125153>.
- Goto, S. *Et Al.* (2020) ‘Evaluation Of The Production Of Dissolved Organic Matter By Three Marine Bacterial Strains’, *Frontiers In Microbiology*, 11. Available At: <https://doi.org/10.3389/Fmicb.2020.584419>.
- Guo, W. *Et Al.* (2010a) ‘Characterization Of Dissolved Organic Matter In Urban Sewage Using Excitation Emission Matrix Fluorescence Spectroscopy And Parallel Factor Analysis’, *Journal Of Environmental Sciences*, 22(11), Pp. 1728–1734. Available At: [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(09\)60312-0](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60312-0).
- Guo, W. *Et Al.* (2010b) ‘Characterization Of Dissolved Organic Matter In Urban Sewage Using Excitation Emission Matrix Fluorescence Spectroscopy And Parallel Factor Analysis’, *Journal Of Environmental Sciences*, 22(11),

- Pp. 1728–1734. Available At: [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(09\)60312-0](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60312-0).
- Hansen, A.M. *Et Al.* (2016) ‘Optical Properties Of Dissolved Organic Matter (Dom): Effects Of Biological And Photolytic Degradation’, *Limnology And Oceanography*, 61(3), Pp. 1015–1032. Available At: <https://doi.org/10.1002/Lno.10270>.
- Harahap, M.R., Lola Dhea Amanda And Asrul Hakim Matondang (2020) ‘Analisis Kadar Cod (Chemical Oxygen Demand) Dan Tss (Total Suspended Solid) Pada Limbah Cair Dengan Menggunakan Spektrofotometer Uv-Vis’.
- He, L. *Et Al.* (2022) ‘Influence Of Pretreatment System On Inorganic Suspended Solids For Influent In Wastewater Treatment Plant’, *Journal Of Environmental And Public Health*, 2022. Available At: <https://doi.org/10.1155/2022/2768883>.
- Hudori, H. *Et Al.* (2020) ‘Characterization Of Dissolved Organic Matter At A Water Treatment Plant With Closed Systems In Different Seasons’, *Water Science And Technology: Water Supply*, 20(5). Available At: <https://doi.org/10.2166/Ws.2020.117>.
- Hudson, N., Baker, A. And Reynolds, D. (2007) ‘Fluorescence Analysis Of Dissolved Organic Matter In Natural, Waste And Polluted Waters - A Review’, *River Research And Applications*, Pp. 631–649. Available At: <https://doi.org/10.1002/Rra.1005>.
- I Gede Agus Sastrawijaya *Et Al.* (2022) *Evaluasi Kinerja Dan Potensi Pemanfaatan Efluen Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Skala Permukiman Berbah*.
- I Ketut Daging, P.P., I.G.W., A.S., H.S., S. (2022) ‘Rancang Bangun Alat Aerasi Mikro Bubble Pada Budidaya Air Tawar’, 2(1).
- Indrayani, L. And Rahmah, N. (2018) ‘Nilai Parameter Kadar Pencemar Sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik’, *Jurnal Rekayasa Proses*, 12(1), P. 41. Available At: <https://doi.org/10.22146/Jrekpros.35754>.

- Jasim, N.A. (2020) 'The Design For Wastewater Treatment Plant (Wwtp) With Gps X Modelling', *Cogent Engineering*, 7(1). Available At: <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1723782>.
- Jurnal, A. *Et Al.* (2016) *Performance Evaluation Of Wastewater Treatment Plant Pt Surabaya Industrial Estate Rungkut-Management Of Pasuruan Industrial Estate Rembang*.
- Kaiser, K. And Kalbitz, K. (2012) 'Cycling Downwards - Dissolved Organic Matter In Soils', *Soil Biology And Biochemistry*, 52, Pp. 29–32. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.04.002>.
- Karanfil, T., Erdogan, I. And Schlautman, M. (2005) 'The Impact Of Filtrate Turbidity On Uv254 And Suva254 Determinations', *Journal / American Water Works Association*. American Water Works Association, Pp. 125–136. Available At: <https://doi.org/10.1002/J.1551-8833.2005.tb10893.x>.
- Kirby, C.S., Dennis, A. And Kahler, A. (2009) 'Aeration To Degas Co₂, Increase Ph, And Increase Iron Oxidation Rates For Efficient Treatment Of Net Alkaline Mine Drainage', *Applied Geochemistry*, 24(7), Pp. 1175–1184. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2009.02.028>.
- Lestari, D.S. (2020) 'Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik (Studi Kasus: Ipal Domestik Waduk "Exâ€", Jakarta)', *Jurnal Sumber Daya Air*, 16(2), Pp. 91–102. Available At: <https://doi.org/10.32679/jsda.v16i2.653>.
- Lestari Riyandini, V., Studi Teknik Lingkungan, P. And Tinggi Teknologi Industri Padang, S. (2020) 'Pengaruh Aktivitas Masyarakat Terhadap Kualitas Air Sungai Batang Tapakis Kabupaten Padang Pariaman', *Jurnal Sains Dan Teknologi*, 20(2).
- Li, J. *Et Al.* (2020) 'Distribution And Removal Of Fluorescent Dissolved Organic Matter In 15 Municipal Wastewater Treatment Plants In China', *Chemosphere*, 251. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126375>.
- Li, W. *Et Al.* (2021) 'Accumulation And Characteristics Of Fluorescent Dissolved Organic Matter In Loess Soil-Based Subsurface Wastewater Infiltration

- System With Aeration And Biochar Addition’, *Environmental Pollution*, 269. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.116100>.
- Liu, M. *Et Al.* (2022) ‘Effect Of Aeration On Water Quality And Sediment Humus In Rural Black-Odorously Water’, *Journal Of Environmental Management*, 320. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115867>.
- Liu, Q. *Et Al.* (2018) *Impact Of Land Use On The Dom Composition In Different Seasons In A Subtropical River Flowing Through The Region Undergoing Rapid Urbanization*.
- Maddah, H.A. (2023) ‘Regression-Based Analytical Models For Dissolved Oxygen In Wastewater’, *Environmental Monitoring And Assessment*, 195(11). Available At: <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11954-8>.
- Maliga, I., Asdak, C. And Winata, E.Y. (2021) ‘Analisis Keberlanjutan Pengendalian Pencemaran Air Limbah Domestik Greywater Menggunakan Teknologi Lahan Basah Buatan’, *Jurnal Sumber Daya Air*, 17(1), Pp. 13–24. Available At: <https://doi.org/10.32679/jsda.v17i1.654>.
- Marhaba, T.F., Van, D. And Lippincott, R.L. (2000) *Rapid Identification Of Dissolved Organic Matter Fractions In Water By Spectral Fluorescent Signatures*. Available At: www.elsevier.com/locate/watres.
- Matilainen, A. *Et Al.* (2011) ‘An Overview Of The Methods Used In The Characterisation Of Natural Organic Matter (Nom) In Relation To Drinking Water Treatment’, *Chemosphere*. Elsevier Ltd, Pp. 1431–1442. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.01.018>.
- Meroney, R.N. And Sheker, R.E. (2016) ‘Removing Grit During Wastewater Treatment:Cfd Analysis Of Hdvs Performance’, *Water Environment Research*, 88(5), Pp. 438–448. Available At: <https://doi.org/10.2175/106143015x14212658614478>.
- Metcalf & Eddy (2004) ‘Wastewaterengbymealfandeddy2003’.
- Modin, O. *Et Al.* (2015) ‘Sorption And Release Of Organics By Primary, Anaerobic, And Aerobic Activated Sludge Mixed With Raw Municipal

- Wastewater', *Plos One*, 10(3). Available At: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0119371>.
- Mohapatra, S. *Et Al.* (2021a) 'Seasonal Variation In Fluorescence Characteristics Of Dissolved Organic Matter In Wastewater And Identification Of Proteins Through Hrlc-Ms/Ms', *Journal Of Hazardous Materials*, 413. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125453>.
- Mohapatra, S. *Et Al.* (2021b) 'Seasonal Variation In Fluorescence Characteristics Of Dissolved Organic Matter In Wastewater And Identification Of Proteins Through Hrlc-Ms/Ms', *Journal Of Hazardous Materials*, 413. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125453>.
- Nasihah, M. *Et Al.* (2018) *Uji Pengolahan Limbah Cair Domestik Melalui Metode Koagulasi-Flokulasi Dan Fitoremediasi Dengan Tanaman Kayu Apu (Pistia Stratiotes L.), Jurnal Envscience.*
- Nebbioso, A. And Piccolo, A. (2013) 'Molecular Characterization Of Dissolved Organic Matter (Dom): A Critical Review', *Analytical And Bioanalytical Chemistry*, Pp. 109–124. Available At: <https://doi.org/10.1007/S00216-012-6363-2>.
- Nguyen, H.V.M. *Et Al.* (2021) 'Changes In Structural Characteristics Of Humic And Fulvic Acids Under Chlorination And Their Association With Trihalomethanes And Haloacetic Acids Formation', *Science Of The Total Environment*, 790. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148142>.
- Pagano, T., Bida, M. And Kenny, J.E. (2014) 'Trends In Levels Of Allochthonous Dissolved Organic Carbon In Natural Water: A Review Of Potential Mechanisms Under A Changing Climate', *Water (Switzerland)*. Mdpi Ag, Pp. 2862–2897. Available At: <https://doi.org/10.3390/W6102862>.
- Parekh, F. And Ban, G.H. (2018) *Reduction Of Cod From Secondary Effluent Of Cctp By Chlorination, International Journal Of Latest Technology In Engineering.* Available At: www.ijltemas.in.
- Peng, J. *Et Al.* (2022) 'Transformation Of Dissolved Organic Matter During Biological Wastewater Treatment And Relationships With The Formation

- Of Nitrogenous Disinfection Byproducts', *Water Research*, 222. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118870>.
- Pudjowati, J. *Et Al.* (2024) *Pemanfaatan Air Limbah Dengan Mengelolah Melalui Ipal Di Kampung Bhumi Marinir Karang Pilang*.
- Qi, G. *Et Al.* (2023) 'Characterization Of Dissolved Organic Matter From Agricultural And Livestock Effluents: Implications For Water Quality Monitoring', *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 20(6). Available At: <https://doi.org/10.3390/ijerph20065121>.
- Rarasari, D.M.G., Restu, I.W. And Ernawati, N.M. (2018) 'Efektivitas Pengolahan Limbah Domestik Di Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Suwung-Denpasar, Bali', *Journal Of Marine And Aquatic Sciences*, 5(2), P. 153. Available At: <https://doi.org/10.24843/jmas.2019.V05.I02.P01>.
- Rodríguez-Vidal, F.J. *Et Al.* (2020) 'Characterization Of Urban And Industrial Wastewaters Using Excitation-Emission Matrix (Eem) Fluorescence: Searching For Specific Fingerprints', *Journal Of Environmental Management*, 263. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110396>.
- Rodríguez-Vidal, F.J. *Et Al.* (2021) *Using Excitation-Emission Matrix Fluorescence To Evaluate The Performance Of Water Treatment Plants For Dissolved Organic Matter Removal*.
- Rossmann, M. *Et Al.* (2013) 'Effect Of Influent Aeration On Removal Of Organic Matter From Coffee Processing Wastewater In Constructed Wetlands', *Journal Of Environmental Management*, 128, Pp. 912–919. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2013.06.045>.
- Samina Et Al (2013) *April 2013 Samina, Setiani,O., Purwanto ; Efektivitas Ipal Domestik 37*.
- Sankar, M.S. *Et Al.* (2019) 'Effect Of Photo-Biodegradation And Biodegradation On The Biogeochemical Cycling Of Dissolved Organic Matter Across Diverse Surface Water Bodies', *Journal Of Environmental Sciences*

- (China), 77, Pp. 130–147. Available At: <https://doi.org/10.1016/J.Jes.2018.06.021>.
- Sari, A.P. And Yuniarto, A. (2016) *Simposium I Jaringan Perguruan Tinggi Untuk Pembangunan Infrastruktur Indonesia*.
- Sciscenko, I. *Et Al.* (2024) ‘Dissolved Organic Matter Behaviour By Conventional Treatments Of A Drinking Water Plant: Controlling Its Changes With Eem-Parafac’, *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(6). Available At: <https://doi.org/10.3390/App14062462>.
- Selpia, D. *Et Al.* (2024) ‘Jurnal Eksbar "Program Studi Statistika Hamzanwadi’, 2024, 1(2).
- Shi, W. *Et Al.* (2021) ‘Monitoring Dissolved Organic Matter In Wastewater And Drinking Water Treatments Using Spectroscopic Analysis And Ultra-High Resolution Mass Spectrometry’, *Water Research*. Elsevier Ltd. Available At: <https://doi.org/10.1016/J.Watres.2020.116406>.
- Sillanpää, M., Matilainen, A. And Lahtinen, T. (2015) ‘Characterization Of Nom’, In *Natural Organic Matter In Water: Characterization And Treatment Methods*. Elsevier Inc., Pp. 17–53. Available At: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801503-2.00002-1>.
- Singh, S. *Et Al.* (2009) ‘Performance Of An Anaerobic Baffled Reactor And Hybrid Constructed Wetland Treating High-Strength Wastewater In Nepal-A Model For Dewats’, *Ecological Engineering*, 35(5), Pp. 654–660. Available At: <https://doi.org/10.1016/J.Ecoleng.2008.10.019>.
- Sisnayati, S. *Et Al.* (2021) ‘Penurunan Bod, Tss, Minyak Dan Lemak Pada Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Menggunakan Proses Aerasi Plat Berlubang Reducing Bod, Tss, Oil And Greace In Palm Oil Mill Effluent By Using Perforated Plate Aeration Process’, *Jurnal Teknik Kimia*, 27(2), Pp. 2721–4885. Available At: <https://doi.org/10.36706/Jtk.V27i1.559>.
- Sulistia, S. *Et Al.* (2019) ‘Analisis Kualitas Air Limbah Domestik Perkantoran’, *Analisis Kualitas Air.... Jrl*, 12(1), Pp. 41–57.
- Sururi *Et Al.* (2021) ‘3 Characterization Of Fluorescent Dissolved Organic Matter In An Affected_’, *Sururi Et Al.* [Preprint].

- Suryani, A., Syahribulan And Magfirah, M. (2019) *Pengaruh Penggunaan Metode Mind Mapping Terhadap Hasil Belajar Ilmu Pengetahuan Sosial Murid Kelas V Sdn No. 166 Inpres Bontorita Kabupaten Takalar Ade Irma Suryani 1) , Syahribulan K 2) , Magfirah Mursalam 3), Jkpd) Jurnal Kajian Pendidikan Dasar.*
- Suryaputra (2014) ‘Suryaputra’.
- Susanti Et Al. (2020) ‘Evaluasi_Pengelolaan_Instalasi_Pengolahan_Air_Limb’.
- Sutanhaji, A.T., Suharto, B. And Darmawan, A.R. (2021) ‘Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Domestik Di Inkubator Bisnis Permata Bunda Kota Bontang’, *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 8(2), Pp. 65–73. Available At: <https://doi.org/10.21776/Ub.Jsal.2021.008.02.2>.
- Sutisna, A. (2018) *Penentuan Angka Dissolved Oxygen (Do) Pada Air Sumur Warga Sekitar Industri Cv. Bumi Waras Bandar Lampung Determination Of The Number Of Dissolved Oxygen (Do) In Wells Water Around Industrial Cv. Bumi Waras Bandar Lampung, Jurnal Analis Farmasi.*
- Syamsuar, G. And Megayani (2022) ‘Jurnal Manajemen Stei Perbandingan Pengaruh Brand Image Dengan Kualitas Produk Terhadap Keputusan Pembelian Mobil Mitsubishi Xpander Menggunakan Wilcoxon Signed Test Megayani, Ginanjar Syamsuar’, *Bpjp) Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Indonesia Jakarta*, 05(01).
- Syed R. Qasim And Guang Zhu (2018) *Wastewater Treatment And Reuse Theory And Design Examples.*
- Tarigan, M.S. And Edward, E. (2003) *Kandungan Total Zat Padat Tersuspensi (Total Suspended Solid) Di Perairan Raha, Sulawesi Tenggara, Makara Journal Of Science.* Available At: <https://scholarhub.ui.ac.id/scienceavailableat:https://scholarhub.ui.ac.id/science/vol7/iss3/13>.
- Tchobanoglous Et Al (2014) *Wastewater Engineering Treatment And Resource Recovery.*

- Teknologi Lingkungan, J. *Et Al.* (2023) ‘Status Of Ciliwung River Water Quality Based On Online Monitoring In Dki Jakarta Area In Terms Of Temperature, Ph, Tds, Do, Dhl, And Turbidity Parameters’, 24(2), Pp. 176–182. Available At: [Http://Onlimo.Brin.Go.Id](http://Onlimo.Brin.Go.Id).
- Ulya, N.Z., Dewajani, H. And Ambarwati, S. (2024) ‘Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Di Seameo Biotrop’, *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 10(4), Pp. 838–848. Available At: <https://doi.org/10.33795/distilat.v10i4.6647>.
- Vanrolleghem, P.A. And Lessard, P. (2020) *Characterization And Modelling Of Grit Chambers Based On Particle Settling Velocity Distributions Thèse Queralt Plana Puig Sous La Direction De.*
- Violista N, D.M. (2025) ‘Evaluasi Dan Re-Desain Unit Clarifier Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah Kawasan Industri’, *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 11(2). Available At: <https://doi.org/10.33795/distilat.v11i2.6775>.
- Vo-Minh Nguyen, H., Hur, J. And Shin, H.-S. (2022) ‘Humic Acids And Fulvic Acids: Characteristics, Sorption Of Hydrophobic Organic Contaminants, And Formation Of Disinfection By-Products During Chlorination’, In *Humus And Humic Substances - Recent Advances*. Intechopen. Available At: <https://doi.org/10.5772/intechopen.105518>.
- Weishaar, J.L. *Et Al.* (2003) ‘Evaluation Of Specific Ultraviolet Absorbance As An Indicator Of The Chemical Composition And Reactivity Of Dissolved Organic Carbon’, *Environmental Science And Technology*, 37(20), Pp. 4702–4708. Available At: <https://doi.org/10.1021/es030360x>.
- Wen, L. *Et Al.* (2023a) ‘Composition Of Dissolved Organic Matter (Dom) In Wastewater Treatment Plants Influent Affects The Efficiency Of Carbon And Nitrogen Removal’, *Science Of The Total Environment*, 857. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159541>.
- Wen, L. *Et Al.* (2023b) ‘Composition Of Dissolved Organic Matter (Dom) In Wastewater Treatment Plants Influent Affects The Efficiency Of Carbon

- And Nitrogen Removal', *Science Of The Total Environment*, 857. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159541>.
- Wiranti, P., Kadaria, U. And Desmaiani, H. (2023) *Perbandingan Penggunaan Desinfektan Kalsium Hipoklorit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) Dan Natrium Hipoklorit (NaOCl) Pada Air Olahan Perumda Air Minum Tirta Khatulistiwa, Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*.
- Xiao, K. *Et Al.* (2016) 'Fluorescence Properties Of Dissolved Organic Matter As A Function Of Hydrophobicity And Molecular Weight: Case Studies From Two Membrane Bioreactors And An Oxidation Ditch', *Rsc Advances*, 6(29), Pp. 24050–24059. Available At: <https://doi.org/10.1039/C5ra23167a>.
- Yan, P. *Et Al.* (2023) 'Fluorescence Spectroscopic Characterization Of Dissolved Organic Matter In The Wastewater Treatment Plant And Hybrid Constructed Wetlands Coupling System In Winter: A Case Study In Eastern China', *Environmental Technology And Innovation*, 32. Available At: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2023.103399>.
- Yang, B. *Et Al.* (2019) 'Contribution Of Dissolved Organic Matter To Chemical Oxygen Demand In Three Chinese Lakes And In Treated Sewage', *International Journal Of Environmental Science And Technology*, 16(12), Pp. 7861–7868. Available At: <https://doi.org/10.1007/S13762-018-2161-5>.
- Yang, L., Hur, J. And Zhuang, W. (2015) 'Occurrence And Behaviors Of Fluorescence Eem-Parafac Components In Drinking Water And Wastewater Treatment Systems And Their Applications: A Review', *Environmental Science And Pollution Research*. Springer Verlag, Pp. 6500–6510. Available At: <https://doi.org/10.1007/S11356-015-4214-3>.
- Yang, L., Shin, H.S. And Hur, J. (2014) 'Estimating The Concentration And Biodegradability Of Organic Matter In 22 Wastewater Treatment Plants Using Fluorescence Excitation Emission Matrices And Parallel Factor Analysis', *Sensors (Switzerland)*, 14(1), Pp. 1771–1786. Available At: <https://doi.org/10.3390/S140101771>.

- Yin, H. *Et Al.* (2020) 'Tryptophan-Like Fluorescence As A Fingerprint Of Dry-Weather Misconnections Into Storm Drainage System', *Environmental Sciences Europe*, 32(1). Available At: <https://doi.org/10.1186/S12302-020-00336-3>.
- Yolanda, Y. (2023) 'Analisa Pengaruh Suhu, Salinitas Dan Ph Terhadap Kualitas Air Di Muara Perairan Belawan', 11(2), Pp. 329–337.
- Yu, B. *Et Al.* (2021a) 'Insight Into Removals Of Parafac Components From Dissolved And Particulate Organic Matter In Wastewater Treatment Process By Two-Dimensional Correlation And Structure Equation Modeling', *Environmental Sciences Europe*, 33(1). Available At: <https://doi.org/10.1186/S12302-021-00558-Z>.
- Yu, B. *Et Al.* (2021b) 'Insight Into Removals Of Parafac Components From Dissolved And Particulate Organic Matter In Wastewater Treatment Process By Two-Dimensional Correlation And Structure Equation Modeling', *Environmental Sciences Europe*, 33(1). Available At: <https://doi.org/10.1186/S12302-021-00558-Z>.
- Yuniarti, D.P., Komala, R. And Aziz, S. (2019) *Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Di Ptpn Vii Secara Aerobik*.
- Zhang, H. *Et Al.* (2021) 'Characterization And Biogeochemical Implications Of Dissolved Organic Matter In Aquatic Environments', *Journal Of Environmental Management*. Academic Press. Available At: <https://doi.org/10.1016/J.Jenvman.2021.113041>.
- Zubala, T. (2018) 'Technical And Natural Conditions And Operating Efficiency Of A Municipal Stormwater Treatment Plant', *Environmental Science And Pollution Research*, 25(1), Pp. 952–962. Available At: <https://doi.org/10.1007/S11356-017-0519-8>.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Pengambilan Sampel dan Pengujian in situ

Pengambilan sampel di inlet



Pengambilan sampel di grit chamber



Pengambilan sampel di out ekualisasi-A



Pengambilan sampel di out ekualisasi-B



Pengambilan sampel di out Aerasi



Pengambilan sampel di out Clarifier



Pengambilan Sampel Out K.indikator



Pengambilan Sampel out klorinasi



Pengambilan Sampel outlet



Pengujian Parameter pH dan DO



Lampiran 2 Pengujian di Laboratorium

Pengujian DHL



Pengujian Kekeruhan



Pengujian TSS



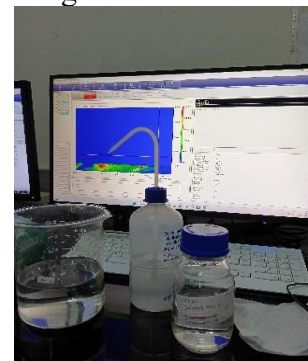
Pengujian COD



Penyaringan Sampel



Pembacaan Hasil dengan EEM



Pembacaan Hasil UV 254



Pengujian COD



Lampiran 3 Pengujian Fisik-Kimia

1. Pengujian Fisik-Kimia pada Sampling Pertama

No.	Titik Sampling	Kode Sampel	Parameter			
			Suhu (°C)	pH	DHL (μS/cm)	Kekeruhan (NTU)
1.	Inlet	IT	29,50	7,33	563,7	17,58
2.	Grit Chamber	GC	29	7,35	571	17,39
3.	Outlet Ekualisasi-A	EO-A	29	7,48	523,7	7,68
4.	Outlet Ekualisasi-B	EO-B	29	7,45	526	7,16
5.	Outlet Aerasi-A	AO-A	30	8,17	492	15,37
6.	Outlet Aerasi-B	AO -B	31	8,29	492	11,48
7.	Outlet Aerasi-C	AO -C	30	8,16	496,33	11,15
8.	Outlet Aerasi-D	AO -D	30	8,28	497,67	11,42
9.	Outlet Clarifier-A	OC-A	31	8,20	488,67	11,53
10.	Outlet Clarifier-B	OC-B	31	8,17	489,67	11,88
11.	Outlet Clarifier-C	OC-C	31	8,11	492,33	12,08
12.	Outlet Clarifier-D	OC-D	31	8,12	495,33	11,62
13.	Indikator	IN	31	8,39	484,33	11,15
14.	Klorinasi	KL	31	8,27	484,67	13,65
15.	Outlet	OT	31,5	8,46	483	11,39

2. Pengujian Fisik-Kimia pada Sampling kedua

No.	Titik Sampling	Kode Sampel	Parameter				
			Suhu (°C)	pH	DO	DHL (μS/cm)	Kekeruhan (NTU)
1.	Inlet	IT	28,5	7,48	1,42	640,33	27,48
2.	Grit Chamber	GC	28	7,5	2,38	641	23,22
3.	Outlet Ekualisasi-A	EO-A	28	7,53	1,53	586	10,29

No.	Titik Sampling	Kode Sampel	Parameter				
			Suhu (°C)	pH	DO	DHL (µS/cm)	Kekeruhan (NTU)
4.	Outlet Ekualisasi-B	EO-B	27,8	7,56	1,98	586,67	10,61
5.	Outlet Aerasi-A	AO-A	27,9	8,38	7,88	523,67	20,51
6.	Outlet Aerasi-B	AO -B	28,4	8,46	5,69	523,67	21,54
7.	Outlet Aerasi-C	AO -C	28,5	8,39	5,84	528,67	17,53
8.	Outlet Aerasi-D	AO -D	28,5	8,36	5,95	529,67	17,96
9.	Outlet Clarifier-A	OC-A	28,5	8,44	5,56	521,67	14,27
10.	Outlet Clarifier-B	OC-B	29	8,48	5,02	522	12,66
11.	Outlet Clarifier-C	OC-C	29	8,40	5,36	526,33	14,67
12.	Outlet Clarifier-D	OC-D	29	8,36	4,63	528,33	16,46
13.	Indikator	IN	30	8,53	5,83	519,67	18,70
14.	Klorinasi	KL	30	8,63	5,28	519,67	18,13
15.	Outlet	OT	30,50	8,67	5,07	519,67	17,07

Lampiran 4 Data Sekunder

1. Pengujian Fisik-Kimia

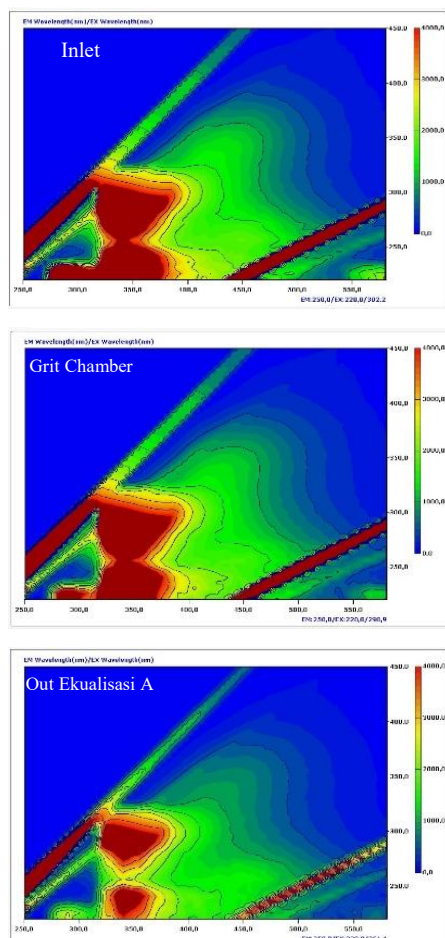
Tanggal	Parameter	Inlet	Outlet
7/01/2025	pH	6-7	7-8
	DO	-	-
8/01/2025	pH	6,7	7-8
	DO	-	-
9/01/2025	pH	7,96	9,51
	DO	3,96	8,86
10/01/2025	pH	7,67	9,36
	DO	3,20	8,81
11/01/2025	pH	8,31	9,77
	DO	4,26	9,22
13/01/2025	pH	8,23	9,96
	DO	3,42	7,25
14/01/2025	pH	8,17	9,83
	DO	2,47	9,20
15/01/2025	pH	8,43	9,86
	DO	3,21	8,07
16/01/2025	pH	8,06	9,57
	DO	2,60	8,14
17/01/2025	pH	8,74	10,13
	DO	3,52	7,74
18/01/2025	pH	8,82	9,81
	DO	4,61	7,62
20/01/2025	pH	8,77	9,99
	DO	5,66	8,23
21/01/2025	pH	8,71	10,23
	DO	4,48	8,35

Tanggal	Parameter	Inlet	Outlet
22/01/2025	pH	8,64	10,31
	DO	8,41	5,61
23/01/2025	pH	8,62	10,04
	DO	9,94	5,15
24/01/2025	pH	8,68	10,23
	DO	5,19	9,49
25/01/2025	pH	8,84	10,11
	DO	4,80	8,62
30/01/2025	pH	8,94	10,04
	DO	5,69	8,76

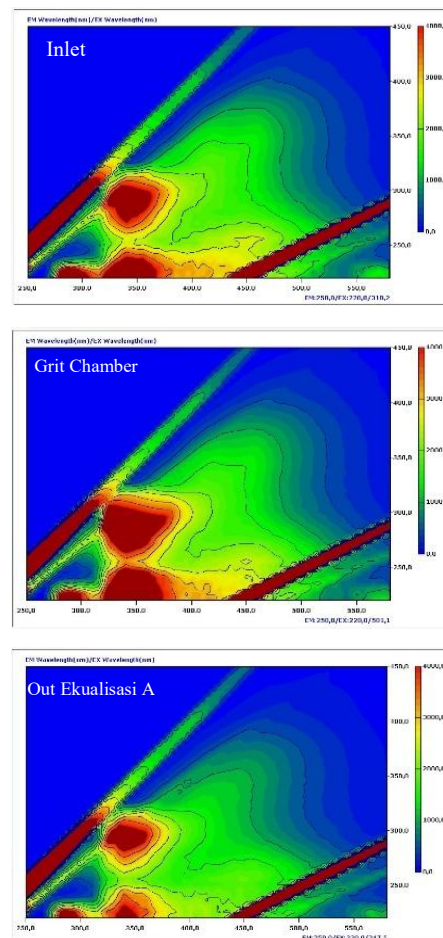
Lampiran 5 Hasil Pengujian *Fluorescence EEM*

1. Gambar Matriks Eksitasi-Emisi DOM

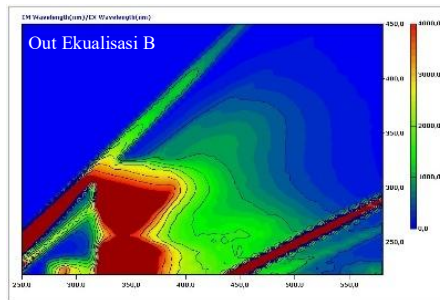
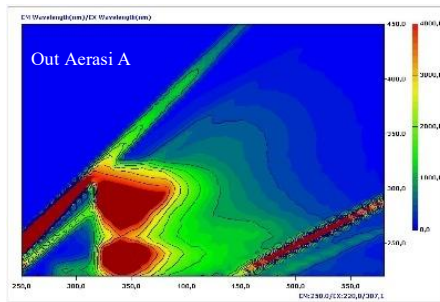
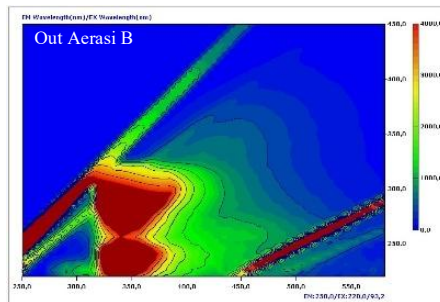
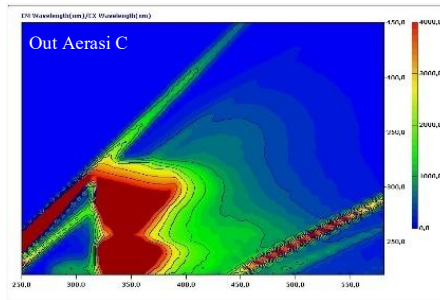
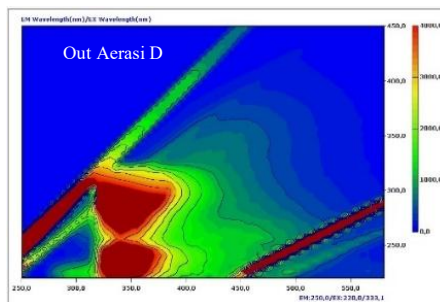
Sampling 1



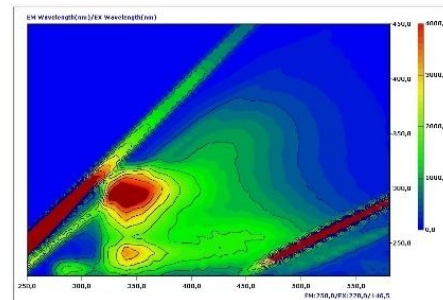
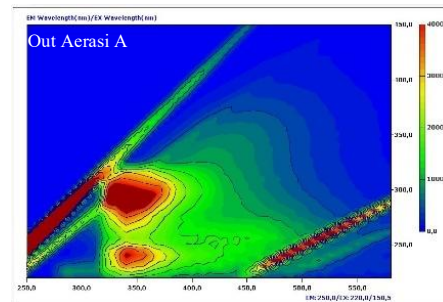
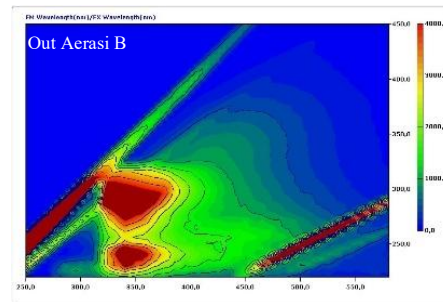
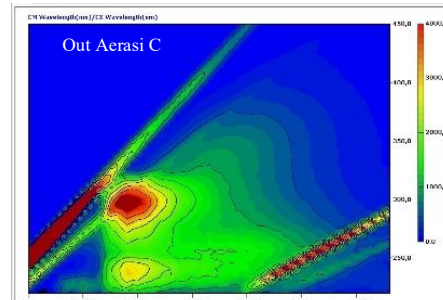
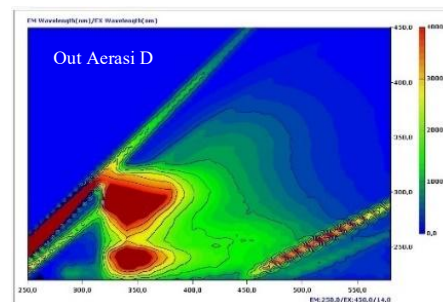
Sampling 2



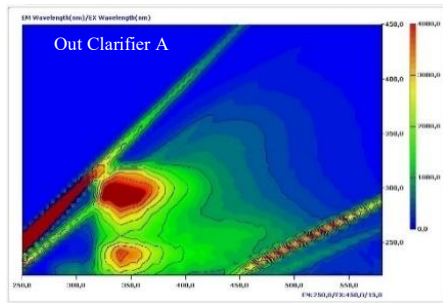
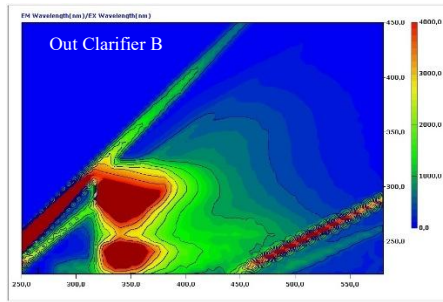
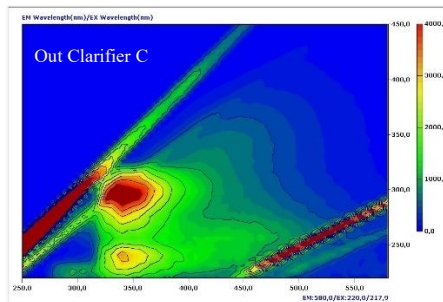
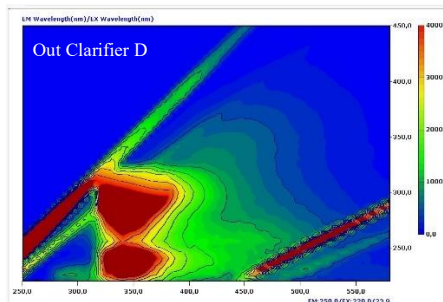
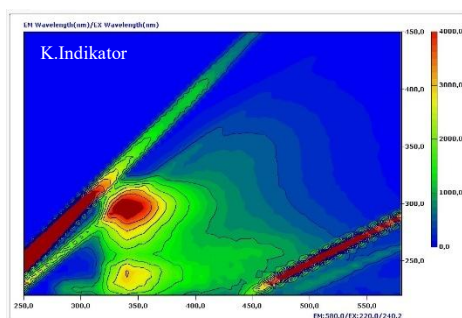
Sampling 1



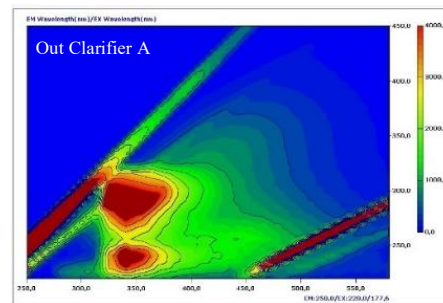
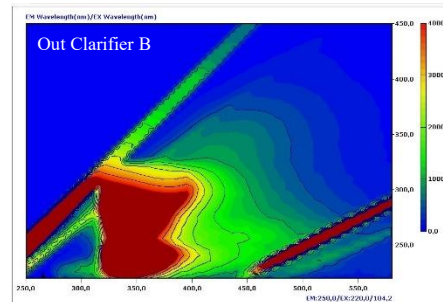
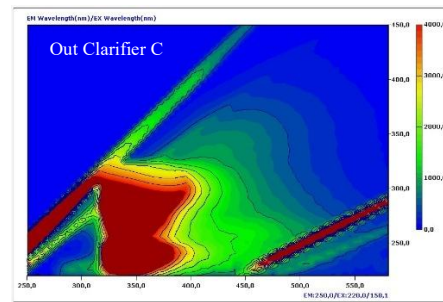
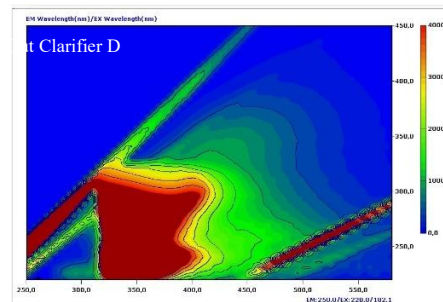
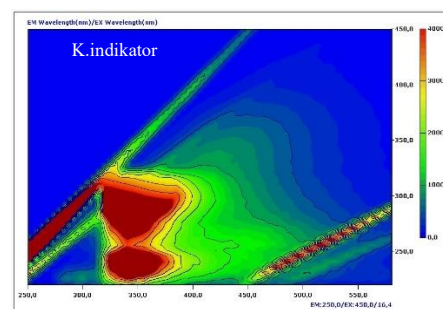
Sampling 2



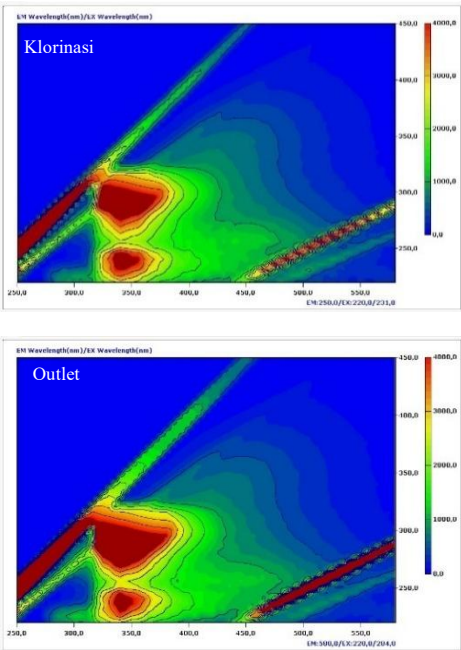
Sampling 1



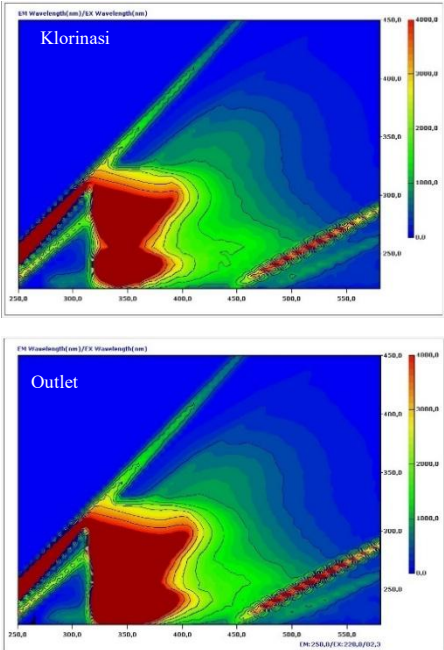
Sampling 2



Sampling 1



Sampling 2



3.2 *Peak Picking* pada Sampel Air Limbah

1. Hasil Pengujian pada Sampling pertama

a. Alur Pengolahan A

No	Jenis Sampel (A)	Kode Sampel		Tyrosine-Like	Tryptophan-Like	Fulvic-Like	Humic-Like	Allochthonous
			EX	230	230 & 280	250	300-350	380
1	Inlet	IT		6297.882	8302.853	1916.976	1371.376	570.257
2	Grit Chamber	GC		6430.116	7792.435	1927.556	1370.18	538.365
3	Ekualisasi Out A	EO-A		3386.409	4963.065	1484.258	984.22	420.77
4	Aerasi Out/ In clarifier A	AO-A		4513.773	6776.548	1476.336	853.411	304.476
5	Out Clarifier A	OC-A		2659.399	3750.545	1259.445	792.09	315.152
6	Indikator	IN		2594.159	3352.977	1265.749	778.716	307.805
7	Klorinasi	KL		3324.844	4828.033	1392.02	850.063	331.587
8	Outlet	OT		3329.225	6329.893	1303.064	894.567	322.442

b. Alur Pengolahan B

No	Jenis Sampel (A)	Kode Sampel	EX	Tyrosine-Like	Tryptophan-Like	Fulvic-Like	Humic-Like	Allochthonous
				230	230 & 280	250	300-350	380
1	Inlet	IT		6297.882	8302.853	1916.976	1371.376	570.257
2	Grit Chamber	GC		6430.116	7792.435	1927.556	1370.18	538.365
3	Ekualisasi Out A	EO-A		3386.409	4963.065	1484.258	984.22	420.77
4	Aerasi Out/ In clarifier A	AO-A		4513.773	6776.548	1476.336	853.411	304.476
5	Out Clarifier A	OC-A		2659.399	3750.545	1259.445	792.09	315.152
6	Indikator	IN		2594.159	3352.977	1265.749	778.716	307.805
7	Klorinasi	KL		3324.844	4828.033	1392.02	850.063	331.587
8	Outlet	OT		3329.225	6329.893	1303.064	894.567	322.442

c. Alur Pengolahan C

No	Jenis Sampel (C)	Kode Sampel	EX	Tyrosine-Like	Tryptophan-Like	Fulvic-Like	Humic-Like	Allochthonous
				230	230 & 280	250	300-350	380
1	Inlet	IT		6297.882	8302.853	1916.976	1371.376	570.257
2	Grit Chamber	GC		6430.116	7792.435	1927.556	1370.18	538.365
3	Ekualisasi Out B	EO-B		6354.912	8213.835	1715.572	1102.845	449.947
4	Aerasi Out/ In clarifier C	AO-C		6028.594	7648.938	1620.576	908.42	306.096
5	Out Clarifier C	OC-C		2284.334	3521.635	1313.065	800.982	325.161
6	Indikator	IN		2594.159	3352.977	1265.749	778.716	307.805
7	Klorinasi	KL		3324.844	4828.033	1392.02	850.063	331.587
8	Outlet	OT		3329.225	6329.893	1303.064	894.567	322.442

d. Alur Pengolahan D

No	Jenis Sampel (D)	Kode Sampel		Tyrosine-Like	Tryptophan-Like	Fulvic-Like	Humic-Like	Allochthonous
			EX	230	230 & 280	250	300-350	380
1	Inlet	IT		6297.882	8302.853	1916.976	1371.376	570.257
2	Grit Chamber	GC		6430.116	7792.435	1927.556	1370.18	538.365
3	Ekualisasi Out B	EO-B		6354.912	8213.835	1715.572	1102.845	449.947
4	Aerasi Out/ In clarifier D	AO-D		5207.576	6794.614	1508.584	896.059	324.194
5	Out Clarifier D	OC-D		4598.489	6721.18	1551.652	908.396	325.832
6	Indikator	IN		2594.159	3352.977	1265.749	778.716	307.805
7	Klorinasi	KL		3324.844	4828.033	1392.02	850.063	331.587
8	Outlet	OT		3329.225	6329.893	1303.064	894.567	322.442

2. Hasil Pengujian pada Sampling Kedua

a. Alur Pengolahan A

No	Jenis Sampel (A)	Kode Sampel		Tyrosine-Like	Tryptophan-Like	Fulvic-Like	Humic-Like	Allochthonous
			EX	230	230 & 280	250	300-350	380
1	Inlet	IT		4401.059	5401.278	2558.058	1679.607	794.745
2	Grit Chamber	GC		4868.603	6303.58	2538.996	1643.864	801.242
3	Ekualisasi Out A	EO-A		3306.194	4088.174	1853.854	1182.131	588.695
4	Aerasi Out/ In clarifier A	AO-A		2597.476	4297.712	1536.943	967.118	379.442
5	Out Clarifier A	OC-A		3222.298	5040.479	1535.321	969.626	361.833
6	Indikator	IN		4064.004	6872.238	1816.856	1061.968	392.607
7	Klorinasi	KL		5636.303	7604.187	1947.887	1136.067	388.551
8	Outlet	OT		8236.779	11056.72	2404.589	1323.647	390.041

b. Alur Pengolahan B

No	Jenis Sampel (B)	Kode Sampel		Tyrosine-Like	Tryptophan-Like	Fulvic-Like	Humic-Like	Allochthonous
			EX	230	230 & 280	250	300-350	380
1	Inlet	IT		4401.059	5401.278	2558.058	1679.607	794.745
2	Grit Chamber	GC		4868.603	6303.58	2538.996	1643.864	801.242
3	Ekualisasi Out A	EO-A		3306.194	4088.174	1853.854	1182.131	588.695
4	Aerasi Out/ In clarifier B	AO-B		3568.647	5251.704	1627.514	1000.331	362.67
5	Out Clarifier B	OC-A		7735.362	9943.795	2064.986	1211.549	383.376
6	Indikator	IN		4064.004	6872.238	1816.856	1061.968	392.607
7	Klorinasi	KL		5636.303	7604.187	1947.887	1136.067	388.551
8	Outlet	OT		8236.779	11056.72	2404.589	1323.647	390.041

c. Alur Pengolahan C

No	Jenis Sampel (C)	Kode Sampel		Tyrosine-Like	Tryptophan-Like	Fulvic-Like	Humic-Like	Allochthonous
			EX	230	230 & 280	250	300-350	380
1	Inlet	IT		4401.059	5401.278	2558.058	1679.607	794.745
2	Grit Chamber	GC		4868.603	6303.58	2538.996	1643.864	801.242
3	Ekualisasi Out B	EO-B		2286.188	3775.655	1578.278	1068.913	448.794
4	Aerasi Out/ In clarifier C	AO-C		2013.835	3203.109	1575.802	957.789	382.485
5	Out Clarifier C	OC-C		7205.852	9532.48	2107.93	1169.032	378.318
6	Indikator	IN		4064.004	6872.238	1816.856	1061.968	392.607
7	Klorinasi	KL		5636.303	7604.187	1947.887	1136.067	388.551
8	Outlet	OT		8236.779	11056.72	2404.589	1323.647	390.041

d. Alur Pengolahan D

No	Jenis Sampel (D)	Kode Sampel		Tyrosine-Like	Tryptophan-Like	Fulvic-Like	Humic-Like	Allochthonous
			EX	230	230 & 280	250	300-350	380
1	Inlet	IT		4401.059	5401.278	2558.058	1679.607	794.745
2	Grit Chamber	GC		4868.603	6303.58	2538.996	1643.864	801.242
3	Ekualisasi Out B	EO-B		2286.188	3775.655	1578.278	1068.913	448.794
4	Aerasi Out/ In clarifier D	AO-D		3445.76	5479.731	1622.794	1034.886	379.157
5	Out Clarifier D	OC-D		11478.15	14480.52	2767.764	1464.702	438.58
6	Indikator	IN		4064.004	6872.238	1816.856	1061.968	392.607
7	Klorinasi	KL		5636.303	7604.187	1947.887	1136.067	388.551
8	Outlet	OT		8236.779	11056.72	2404.589	1323.647	390.041

Lampiran 6 Hasil Pengujian UV 254

1. Sampling Pertama

a. Alur Pengolahan A

Kode Sampel	Absorbansi 1	Absorbansi 2	Rerata Absorbansi
IT	0.064	0.1512	0.1076
GC	0.062	0.1629	0.11245
EO-A	0.0404	0.1304	0.0854
AO-A	0.0411	0.1312	0.08615
OC-A	0.0406	0.1271	0.08385
IN	0.0394	0.1434	0.0914
KL	0.0421	0.1279	0.085
OT	0.0511	0.128	0.08955

b. Alur Pengolahan B

Kode Sampel	Absorbansi 1	Absorbansi 2	Rerata Absorbansi
IT	0.064	0.1512	0.1076
GC	0.062	0.1629	0.11245
EO-A	0.0404	0.1304	0.0854
AO-B	0.0404	0.142	0.0912
OC-B	0.041	0.1413	0.09115
IN	0.0394	0.1434	0.0914
KL	0.0421	0.1279	0.085
OT	0.0511	0.128	0.08955

c. Alur Pengolahan C

Kode Sampel	Absorbansi 1	Absorbansi 2	Rerata Absorbansi
IT	0.064	0.1512	0.1076
GC	0.062	0.1629	0.11245
EO-B	0.0421	0.1437	0.0929
AO-C	0.0385	0.1284	0.08345

Kode Sampel	Absorbansi 1	Absorbansi 2	Rerata Absorbansi
OC-C	0.0408	0.1269	0.08385
IN	0.0394	0.1434	0.0914
KL	0.0421	0.1279	0.085
OT	0.0511	0.128	0.08955

d. Alur Pengolahan C

Kode Sampel	Absorbansi 1	Absorbansi 2	Rerata Absorbansi
IT	0.064	0.1512	0.1076
GC	0.062	0.1629	0.11245
EO-B	0.0421	0.1437	0.0929
AO-D	0.0411	0.1404	0.09075
OC-D	0.0394	0.1279	0.08365
IN	0.0394	0.1434	0.0914
KL	0.0421	0.1279	0.085
OT	0.0511	0.128	0.08955

2. Sampling Kedua

a. Alur Pengolahan A

No	Jenis Sampel (A)	Kode Sampel	Absorbansi 1	Absorbansi 2	Rerata Absorbansi
1	Inlet	IT	0.1463	0.1781	0.1622
2	Grit Chamber	GC	0.1451	0.1904	0.16775
3	Ekualisasi Out A	EO-A	0.1216	0.1665	0.14405
4	Aerasi Out/ In clarifier A	AO-A	0.1191	0.1519	0.1355
5	Out Clarifier A	OC-A	0.1233	0.1697	0.1465
6	Indikator	IN	0.1182	0.1509	0.13455
7	Klorinasi	KL	0.1187	0.1645	0.1416
8	Outlet	OT	0.1244	0.154	0.1392

b. Alur Pengolahan B

No	Jenis Sampel (B)	Kode Sampel	Absorbansi 1	Absorbansi 2	Rerata Absorbansi
1	Inlet	IT	0.1463	0.1781	0.1622
2	Grit Chamber	GC	0.1451	0.1904	0.16775
3	Ekualisasi Out A	EO-A	0.1216	0.1665	0.14405
4	Aerasi Out/ In clarifier B	AO-B	0.1185	0.1512	0.13485
5	Out Clarifier B	OC-B	0.1234	0.1686	0.146
6	Indikator	IN	0.1182	0.1509	0.13455
7	Klorinasi	KL	0.1187	0.1645	0.1416
8	Outlet	OT	0.1244	0.154	0.1392

c. Alur Pengolahan C

No	Jenis Sampel (C)	Kode Sampel	Absorbansi 1	Absorbansi 2	Rerata Absorbansi
1	Inlet	IT	0.1463	0.1645	0.1416
2	Grit Chamber	GC	0.1451	0.154	0.1392
3	Ekualisasi Out B	EO-B	0.1379	0.1775	0.1577
4	Aerasi Out/ In clarifier C	AO-C	0.1121	0.1574	0.13475
5	Out Clarifier C	OC-C	0.1191	0.1505	0.1348
6	Indikator	IN	0.1182	0.1509	0.13455
7	Klorinasi	KL	0.1187	0.1645	0.1416
8	Outlet	OT	0.1244	0.154	0.1392

d. Alur Pengolahan D

No	Jenis Sampel (D)	Kode Sampel	Absorbansi 1	Absorbansi 2	Rerata Absorbansi
1	Inlet	IT	0.1463	0.1645	0.1416
2	Grit Chamber	GC	0.1451	0.154	0.1392
3	Ekualisasi Out B	EO-B	0.1379	0.1775	0.1577
4	Aerasi Out/ In clarifier D	AO-C	0.1146	0.1468	0.1307
5	Out Clarifier D	OC-C	0.1206	0.152	0.1363
6	Indikator	IN	0.1182	0.1509	0.13455

No	Jenis Sampel (D)	Kode Sampel	Absorbansi 1	Absorbansi 2	Rerata Absorbansi
7	Klorinasi	KL	0.1187	0.1645	0.1416
8	Outlet	OT	0.1244	0.154	0.1392

Lampiran 7 Hasil Pengujian Parameter TSS

1. Sampling Pertama

a. Alur Pengolahan A

Kode Sampel	TSS
IT	106
GC	65
EO-A	67
AO-A	63
OC-A	52
IN	13
KL	33
OT	5

b. Alur Pengolahan B

Kode Sampel	TSS
IT	106
GC	65
EO-A	67
AO-B	67
OC-B	23
IN	13
KL	33
OT	5

c. Alur Pengolahan C

Kode Sampel	TSS
IT	106
GC	65
EO-B	68
AO-C	63
OC-C	23
IN	13
KL	33
OT	5

d. Alur Pengolahan D

Kode Sampel	TSS
IT	106
GC	65
EO-B	68
AO-D	107
OC-D	23
IN	13
KL	33
OT	5

2. Sampling kedua

a. Alur Pengolahan A

Kode Sampel	TSS
IT	119
GC	21
EO-A	86
AO-A	38
OC-A	85
IN	72
KL	61
OT	7

b. Alur Pengolahan B

Kode Sampel	TSS
IT	119
GC	21
EO-A	86
AO-B	37
OC-B	90
IN	72
KL	61
OT	7

c. Alur Pengolahan C

Kode Sampel	TSS
IT	119
GC	21
EO-B	45
AO-C	36
OC-C	93
IN	72
KL	61
OT	7

d. Alur Pengolahan D

Kode Sampel	TSS
IT	119
GC	21
EO-B	45
AO-D	58
OC-D	114
IN	72
KL	61
OT	7

Lampiran 8 Hasil Pengujian COD

No	Jenis Sampel (A)	Kode Sampel	Absorbansi	Konsentrasi	Kons x Fp
1	Inlet	IT	0.019	74.702	149.404
2	Grit Chamber	GC	0.036	56.841	113.682
3	Ekualisasi Out A	EO-A	0.059	33.522	67.044
4	Aerasi Out/ In clarifier A	AO-A	0.083	9.46	18.92
5	Out Clarifier A	OC-A	0.059	33.646	67.292
6	Indikator	IN	0.002	92.314	184.628
7	Klorinasi	KL	0.081	11.692	23.384
8	Outlet	OT	0.091	1.274	2.548
9	Inlet	IT	0.019	74.702	149.404
10	Grit Chamber	GC	0.036	56.841	113.682
11	Ekualisasi Out A	EO-A	0.059	33.522	67.044
12	Aerasi Out/ In clarifier B	AO-B	0.052	41.088	82.176
13	Out Clarifier B	OC-B	0.019	75.074	150.148
14	Indikator	IN	0.002	92.314	184.628
15	Klorinasi	KL	0.081	11.692	23.384
16	Outlet	OT	0.091	1.274	2.548
17	Inlet	IT	0.02	74.702	149.404
18	Grit Chamber	GC	0.04	56.841	113.682
19	Ekualisasi Out B	EO-B	0.06	31.166	62.332
20	Aerasi Out/ In clarifier C	AO-C	0.07	27.817	55.634
21	Out Clarifier C	OC-C	0.056	36.623	73.246
22	Indikator	IN	0.002	92.314	184.628
23	Klorinasi	KL	0.081	11.692	23.384
24	Outlet	OT	0.091	1.274	2.548
25	Inlet	IT	0.019	74.702	149.404

No	Jenis Sampel (A)	Kode Sampel	Absorbansi	Konsentrasi	Kons x Fp
26	Grit Chamber	GC	0.036	56.841	113.682
27	Ekualisasi Out B	EO-B	0.062	31.166	62.332
28	Aerasi Out/ In clarifier D	AO-D	0.0280	65.151	130.302
29	Out Clarifier D	OC-D	0.0730	19.755	39.51
30	Indikator	IN	0.0020	92.314	184.628
31	Klorinasi	KL	0.0810	11.692	23.384
32	Outlet	OT	0.0910	1.274	2.548

Lampiran 9 Hasil Uji Korelasi antar Parameter DOM

			Correlations							
			tyrosine	tryptophan	fulvic	humic	allochthonous	UV254	TSS	COD
Spearman's rho	tyrosine	Correlation Coefficient	1.000	.939**	.699**	.644**	.369**	.231	.267*	.069
		Sig. (2-tailed)	.	<.001	<.001	<.001	.003	.067	.033	.708
		N	64	64	64	64	64	64	64	32
	tryptophan	Correlation Coefficient	.939**	1.000	.561**	.521**	.251*	.126	.233	.016
		Sig. (2-tailed)	<.001	.	<.001	<.001	.046	.320	.064	.930
		N	64	64	64	64	64	64	64	32
	fulvic	Correlation Coefficient	.699**	.561**	1.000	.940**	.768**	.783**	.401**	.151
		Sig. (2-tailed)	<.001	<.001	.	<.001	<.001	<.001	.001	.411
		N	64	64	64	64	64	64	64	32
	humic	Correlation Coefficient	.644**	.521**	.940**	1.000	.896**	.744**	.466**	.074
		Sig. (2-tailed)	<.001	<.001	<.001	.	<.001	<.001	<.001	.686
		N	64	64	64	64	64	64	64	32
	allochthonous	Correlation Coefficient	.369**	.251*	.768**	.896**	1.000	.673**	.470**	.101
		Sig. (2-tailed)	.003	.046	<.001	<.001	.	<.001	<.001	.584
		N	64	64	64	64	64	64	64	32
	UV254	Correlation Coefficient	.231	.126	.783**	.744**	.673**	1.000	.233	.576**
		Sig. (2-tailed)	.067	.320	<.001	<.001	<.001	.	.064	<.001
		N	64	64	64	64	64	64	64	32
	TSS	Correlation Coefficient	.267*	.233	.401**	.466**	.470**	.233	1.000	.301
		Sig. (2-tailed)	.033	.064	.001	<.001	<.001	.064	.	.094
		N	64	64	64	64	64	64	64	32
	COD	Correlation Coefficient	.069	.016	.151	.074	.101	.576**	.301	1.000
		Sig. (2-tailed)	.708	.930	.411	.686	.584	<.001	.094	.
		N	32	32	32	32	32	32	32	32

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Lampiran 10 Efisiensi Unit Pengolahan

1. Pada Sampling Pertama

Proses Pengolahan	Efisiensi Removal	Tyrosine-Like	Tryptophan-Like	Fulvic-Like	Humic-Like	Allochthonous
IT	Inlet	6297.88	8302.85	1916.98	1371.38	570.26
GC	% Removal	0%	6.15%	0.0%	0.09%	5.6%
	Outlet	6430.116	7792.435	1927.556	1370.18	538.365
EO	% Removal	24.25%	15.45%	17.00%	23.84%	19.13%
	Outlet	4870.6605	6588.45	1599.915	1043.5325	435.3585
AO	% Removal	0.00%	0.00%	3.58%	14.51%	28.48%
	Outlet	5237.946	7029.96825	1542.68775	892.064	311.359
OC	% Removal	34.05%	28.33%	10.09%	5.52%	0.00%
	Outlet	3454.246	5038.68675	1387.08675	842.864	321.2525
IN	% Removal	24.90%	33.46%	8.75%	7.61%	4.19%
	Outlet	2594.159	3352.977	1265.749	778.716	307.805
KL	% Removal	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Outlet	3324.844	4828.033	1392.02	850.063	331.587
OT	Outlet	3329.225	6329.893	1303.064	894.567	322.442
Efisiensi Keseluruhan		47.14%	23.76%	32.03%	34.77%	43.46%

2. Pada Sampling Kedua

Proses Pengolahan	Efisiensi Removal	Tyrosine-Like	Tryptophan-Like	Fulvic-Like	Humic-Like	Allochthonous
IT	Inlet	4401.06	5401.28	2558.06	1679.61	794.75
GC	% Removal	0%	0%	0.7%	2%	0%

Proses Pengolahan	Efisiensi Removal	Tyrosine-Like	Tryptophan-Like	Fulvic-Like	Humic-Like	Allochthonous
	Outlet	4868.603	6303.58	2538.996	1643.864	801.242
EO	% Removal	42.57%	37.62%	32.41%	31.53%	35.26%
	Outlet	2796.191	3931.9145	1716.066	1125.522	518.7445
AO	% Removal	0.00%	0.00%	7.30%	12.04%	27.53%
	Outlet	2906.4295	4558.064	1590.76325	990.031	375.9385
OC	% Removal	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	Outlet	7410.41425	9749.31925	2119.00025	1203.72725	390.5268
IN	% Removal	45.16%	29.51%	14.26%	11.78%	0.00%
	Outlet	4064.004	6872.238	1816.856	1061.968	392.607
KL	% Removal	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.03%
	Outlet	5636.303	7604.187	1947.887	1136.067	388.551
OT	Outlet	8236.779	11056.72	2404.589	1323.647	390.041
Keseluruhan		0.00%	0.00%	6.00%	21.19%	50.92%

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Rohmah Nur Laili yang lahir di Bantul, 06 Februari 2002. Penulis merupakan putri pertama dari Bapak Heri dan Ibu Yunita. Penulis telah menempuh pendidikan dasar di SD Negeri Pacar, kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama dari tahun tahun 2014 hingga 2018 di SMP Negeri 1 Sewon. Setelah lulus dari SMP, penulis melanjutkan sekolah menengah atas di SMK SMTI Yogyakarta selama 4 tahun dari 2017 hingga 2021. Pada tahun 2021 penulis melanjutkan pendidikan S1 di program studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Selama masa kuliah, penulis aktif mengikuti berbagai kegiatan di kampus dan luar kampus. Penulis mengikuti organisasi himpunan mahasiswa Teknik Lingkungan Se DIY-Jateng. Selama masa kuliah, penulis juga beberapa kali mengikuti kegiatan peduli lingkungan dan bakti sosial sebagai bentuk kontribusi dan implementasi selama masa studi. Pada bulan Maret 2024 , penulis melaksanakan Kerja Praktik di Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Bantul dengan mengambil topik *Pemantauan Kualitas Udara di Kabupaten Bantul dengan Metode Passive Sampler*.

