



JURUSAN
TEKNIK LINGKUNGAN

TUGAS AKHIR

Sistem Pengolahan Air Limbah Tenun dengan Kombinasi Proses Biologis dan Filtrasi dalam Mendegradasi Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Tsabita Dary Pramudisa
21513065

Dosen Pembimbing:

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M. Eng.

Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Lingkungan Program Sarjana

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Universitas Islam Indonesia

2025



DEPARTMENT
ENVIRONMENTAL ENGINEERING

BACHELOR THESIS

***Weaving Wastewater Treatment System with Combination of
Biological and Filtration Processes to Reducing Chemical Oxygen
Demand Parameter (COD)***

Tsabita Dary Pramudisa

21513065

Supervisor:

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M. Eng.

Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T.

Environmental Engineering Bachelor Program

Faculty of Civil Engineering and Planning

Universitas Islam Indonesia

2025

LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

Sistem Pengolahan Air Limbah Tenun dengan Kombinasi Proses Biologis dan Filtrasi dalam Mendegradasi Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

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.

Tsabita Dary Pramudisa

21513065

Tugas akhir ini telah diuji pada tanggal 17 September dan disetujui oleh:

 19/25

Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng

(Pembimbing 1)

 19-08-25

Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T.

(Pembimbing 2)



Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., M.Agr., Ph.D.

(Penguji 1)

Mengetahui,

Ketua Prodi Teknik Lingkungan Program Sarjana



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, 16 September 2025

Yang membuat pernyataan,



Tsabita Dary Pramudisa
21513065

PRAKATA

Penulis mengucapkan puji, syukur, dan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala berkat dan izin-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan cukup baik dan tepat waktu. Penulis juga mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak yang telah membantu penulis selama proses pengerjaan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Bapak Supriyadi dan Ibu Mimosa Seta, orang tua tercinta dari penulis atas segala doa, dukungan moral dan materil, juga kasih sayang tiada henti sejak awal pendidikan hingga penulis dapat menyelesaikan proses Tugas Akhir ini. Terima kasih banyak atas semua hal yang telah diberikan kepada penulis.
2. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing pertama, dan Ibu Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing kedua, atas segala bimbingan, bantuan, arahan, dan kesabaran dalam mendampingi penulis selama proses penelitian dan penulisan Tugas Akhir.
3. Seluruh dosen dan tenaga kependidikan di lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, atas ilmu, bantuan, dan pelayanan yang telah diberikan selama masa studi.
4. Kepada kakak penulis, yaitu Gatra Purwاتمaja Setyadi dan Wida Purindiva Setiadi serta sepupu satu program studi, Risang Samudra Ndaru yang telah memberikan arahan, memberikan masukan, dan memberikan ilmu kepada penulis selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Kepada Siti Shafira Nurul Hanifa, Faraz Fajrin Fauziyah, Ayuning Sekar Agriensyah Putri, Haya Nur Aulia Siregar, Syifa Salsabila, Devita Putri Ramadhaniyah, dan Ulung Titi Panemu Anggraheni yang menjadi sahabat sedari dahulu hingga saat ini, mendukung, menjadi tempat bertukar pikiran, dan memberi semangat kepada penulis dalam kondisi apapun.
6. Kepada Nida Fitria Alifah, Nur Yafta Hilna, Puti Ayu Maharani, Kendra Isma Lutfia, Raina Salsabilla Rahmawati, Nur Indah Islami, dan Arkan Fawwaz Hidayat yang menjadi sahabat dan pendukung penuh, membantu memberikan

ilmu, serta memberikan semangat tanpa henti kepada penulis dalam kondisi apapun.

7. Kepada seseorang yang sangat istimewa kehadirannya untuk penulis, yang selalu menemani, selalu memberikan dukungan, selalu memberikan masukan, dan menjadi tempat pulang penulis saat suka maupun duka.
8. Kepada rekan-rekan satu tim penulis, Athaya Helsa Savana dan Putri Syabina serta Abang Daru Fathurahman yang telah memberikan bantuan, masukan, saran, dan kerja sama selama dilakukannya penelitian.
9. Kepada pihak-pihak yang sudah membantu, memberikan masukan, mendukung penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Sleman, 16 September 2025



Tsabita Dary Pramudisa

Sistem Pengolahan Air Limbah Tenun dengan Kombinasi Proses Biologis dan Filtrasi dalam Mendegradasi Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Mahasiswa : Tsabita Dary Pramudisa
NIM : 21513065
Program Studi : Teknik Lingkungan - Program Sarjana
Pembimbing : Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. / Diah Ayu Prawitasari, S.T., M.T.

Abstrak

Limbah tenun merupakan buangan yang dihasilkan dari berbagai proses produksi dan penggunaan dengan karakteristik, yaitu berwarna keruh, pH tinggi, berbusa, mengandung minyak-alkali, zat organik, dan logam berat yang dapat mencemari lingkungan. Penelitian ini berfokus pada penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebelum dibuang dengan menggunakan kombinasi sistem pengolahan biologis (anaerob-aerob dan *clarifier*) dan proses filtrasi (menggunakan zeolit, pasir silika, dan PEG). Tujuan penelitian ini adalah menguji keefektifan pada parameter COD dan untuk mengkaji kualitas air limbah tenun dengan menggunakan sistem pengolahan kombinasi mikrobiologi dan proses filtrasi untuk air limbah tenun. Metode penelitian menggunakan rangkaian reaktor anaerobik-aerobik, *clarifier*, zeolit, pasir silika, dan PEG. Sampel limbah tenun dari Industri di Desa Troso diuji dengan variasi konsentrasi limbah 20% dan 50%, serta HRT 4 hari. Parameter yang akan diuji mencakup COD, SV30, MLSS, DO, dan ORP. Hasil persentase removal COD tertinggi pada reaktor anaerob, *clarifier*, zeolit, pasir silika, PEG berturut-turut sebesar 47%, 68%, 64%, 59%, dan 95%. Namun, belum memenuhi baku mutu 150 mg/L (Permen LHK P.16 Tahun 2019). Parameter fisik SV30, MLSS, DO, dan ORP memiliki keterkaitan dengan penurunan kadar COD dengan nilai R^2 secara berturut-turut sebesar 0,087; 0,3977; 0,016; dan 0,4658. Penelitian ini dapat menurunkan kadar COD, namun perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut agar mencapai standar baku mutu yang ditetapkan.

Kata kunci: *Aerob, Anaerob, Biologis, Chemical Demand Oxygen, Clarifier, Filtrasi, Limbah Tenun, Pasir Silika, PEG, Zeolit*

***Weaving Wastewater Treatment System with Combination of
Biological and Filtration Processes to Reducing Chemical Oxygen
Demand Parameter (COD)***

Student : Tsabita Dary Pramudisa
Student Number : 21513065
Study Program : Environmental Engineering – Bachelor Program
Supervisor : Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. / Diah Ayu
Prawitasari, S.T., M.T.

Abstract

Textile wastewater is a by-product generated from various production processes, characterized by turbid color, high pH, foaming properties, and the presence of oil-alkali, organic matter, and heavy metals that can pollute the environment. This study focuses on reducing the Chemical Oxygen Demand (COD) prior to discharge by employing a combination of biological treatment systems (anaerobic–aerobic reactors and clarifier) and filtration processes (using zeolite, silica sand, and PEG). The objective of this research is to examine the effectiveness of COD reduction and to evaluate the quality of textile wastewater treated with a combined microbiological and filtration system. The experimental method utilized a series of anaerobic–aerobic reactors, clarifier, zeolite, silica sand, and PEG. Wastewater samples from the weaving industry in Troso Village were tested at concentrations of 20% and 50%, with a Hydraulic Retention Time (HRT) of 4 days. Parameters analyzed included COD, SV30, MLSS, DO, and ORP. The highest COD removal efficiencies in the anaerobic reactor, clarifier, zeolite, silica sand, and PEG were 47%, 68%, 64%, 59%, and 95%, respectively. However, the effluent did not meet the discharge standard of 150 mg/L as stipulated in Regulation of the Ministry of Environment and Forestry (Permen LHK) No. P.16 of 2019. Physical parameters SV30, MLSS, DO, and ORP were correlated with COD reduction, with R^2 values of 0.087, 0.3977, 0.016, and 0.4658, respectively. This study demonstrates that COD levels can be reduced, but further treatment is required to meet the established discharge standards.

Key words: Aerobic, Anaerobic, Biological, Clarifier, Filtration, Chemical Oxygen Demand, Textile Wastewater, Silica Sand, PEG, Zeolite

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
Abstrak	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Limbah Cair	5
2.2 Pengolahan Sistem Mikrobiologi terhadap Limbah Tenun	8
2.3 Biodegradasi	9
2.4 Sistem Pengolahan Anaerobik	9
2.5 Sistem Pengolahan Aerobik	10
2.6 <i>Clarifier</i>	10
2.7 Sistem Pengolahan Adsorpsi	11
2.8 Bakteri Endofit	11
2.9 <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	12
2.10 Penelitian Terdahulu	14
BAB III METODE PENELITIAN	17
3.1 Waktu dan Lokasi	17
3.2 Pengumpulan Data	17
3.3 Alat dan Bahan	17
3.4 Diagram Alir Penelitian	18
3.5 Prosedur Analisis Data	19

3.6.	Sistem Pengolahan	20
3.7.	<i>Running</i> Reaktor dan Sampling Reaktor	22
3.8.	Pengujian Sampel	23
3.9.	Analisis Data	24
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Karakteristik Limbah	26
4.2	Pengaruh Variasi Beban Air Limbah Terhadap Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	27
4.3	Persentase <i>Removal</i> pada Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	32
4.4	Parameter Fisik	34
4.5	Korelasi Antara Parameter Fisik dengan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	38
BAB V	PENUTUP	43
5.1	Kesimpulan	43
5.2	Saran	44
DAFTAR	PUSTAKA	45
LAMPIRAN		52
RIWAYAT	HIDUP	62
TABEL	PERBAIKAN	63

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter Limbah Cair Industri.....	6
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu	14
Tabel 4. 1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Tekstil.....	27

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Contoh gambar skema kerangka berpikir penelitian.....	3
Gambar 3. 1 Diagram Penelitian.....	18
Gambar 3. 2 Tahapan Kulturasasi Bakteri.....	19
Gambar 3. 3 Sistem Pengolahan	20
Gambar 3. 4 Sistem Pengolahan Pada Kondisi <i>Real</i>	20
Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) pada Pengolahan Biologis	28
Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) pada Kolom Adsorpsi	31
Gambar 4. 3 Grafik Persentase Removal (%) Pengolahan Biologis pada Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	32
Gambar 4. 4 Grafik Persentase Removal (%) Pengolahan Adsorpsi pada Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	33
Gambar 4. 5 Grafik Pengukuran SV30 selama Penelitian Limbah Tenun	35
Gambar 4. 6 Grafik Pengukuran <i>Mixed Liquor Suspended Solids</i> (MLSS) selama Penelitian Limbah Tenun	36
Gambar 4. 7 Grafik Pengukuran <i>Dissolved Oxygen</i> (DO) selama Penelitian Limbah Tenun	37
Gambar 4. 8 Grafik Pengukuran <i>Oxidation-Reduction Potential</i> (ORP) selama Penelitian Limbah Tenun	38
Gambar 4. 9 Grafik Korelasi Konsentrasi COD dengan SV30.....	39
Gambar 4. 10 Grafik Korelasi Konsentrasi COD dengan MLSS	40
Gambar 4. 11 Grafik Korelasi Konsentrasi COD dengan DO	41
Gambar 4. 12 Grafik Korelasi Konsentrasi COD dengan ORP	42

DAFTAR LAMPIRAN

Gambar Lampiran 1. 1 Pembuatan Reaktor Anaerob-Aerob.....	52
Gambar Lampiran 1. 2 Rancangan Reaktor Anaerob-Aerob dan <i>Clarifier</i>	52
Gambar Lampiran 1. 3 Kolom Filtrasi.....	53
Gambar Lampiran 1. 4 Limbah Masuk ke dalam Kolom Filtrasi	54
Gambar Lampiran 2. 1 Aklimatisasi Reaktor Dengan Limbah.....	53
Gambar Lampiran 3. 1 Pembuatan Larutan.....	55
Gambar Lampiran 3. 2 Pemanasan Larutan Standar Kalibrasi	55
Gambar Lampiran 3. 3 Pemanasan Larutan Sampel Limbah Tenun	56
Gambar Lampiran 4. 1 Kurva Kalibrasi Standar <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	57
Gambar Lampiran 5. 1 SNI 6989.2:2019 Uji COD Menggunakan Refluks Tertutup	60
Gambar Lampiran 5. 2 PermenLHK Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia adalah negara yang kaya akan budaya dan seni kerajinan. Salah satu kerajinan yang terdengar hingga mancanegara adalah tekstil. Indonesia menjadi penanggung beban air limbah terutama pada sektor tekstil sebagai sektor tertinggi dibandingkan dengan negara-negara lain, khususnya di kawasan Asia Tenggara (Firmansyah, 2023). Limbah tekstil merupakan buangan yang dihasilkan dari berbagai proses produksi dan proses penggunaan yang memiliki kandungan bahan pencemar, seperti aktivitas *bleaching*, *dying*, *scouring*, dan lain sebagainya, dimana warna tekstil yang umumnya terbuat dari senyawa azo yang sukar untuk terurai (Hizbul, et al. 2018). Dengan karakteristik yang dimiliki, yaitu berwarna keruh, pH tinggi, berbusa, mengandung minyak-alkali, mengandung zat organik, senyawa yang dihasilkan oleh zat perwarna, dan mengandung logam berat (Yuniarti dan Widayatno, 2021).

Akan tetapi, limbah yang dihasilkan mengandung kontaminan berbahaya yang dapat mencemari lingkungan, hilangnya aktivitas biologis di perairan, merusak ekosistem perairan, dan membahayakan kesehatan makhluk hidup terutama manusia karena memicu terjadinya kanker (Rihi, 2022). Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, sekitar 60% dari limbah tekstil tidak dikelola dengan baik dan berpotensi mencemari sumber air, serta mengancam kesehatan masyarakat (Fahmi, et al. 2024). Salah satu industri tekstil yang cukup dikenal berlokasi di Desa Troso, Kabupaten Jepara dengan kapasitas produksi sekitar 1,2 juta meter pada tahun 2023. Hal tersebut berpotensi dalam peningkatan jumlah limbah tenun yang dihasilkan (Fathurahman, 2024). Oleh karena itu, diperlukan penanganan yang tepat untuk mencegah dampak negatif terhadap lingkungan.

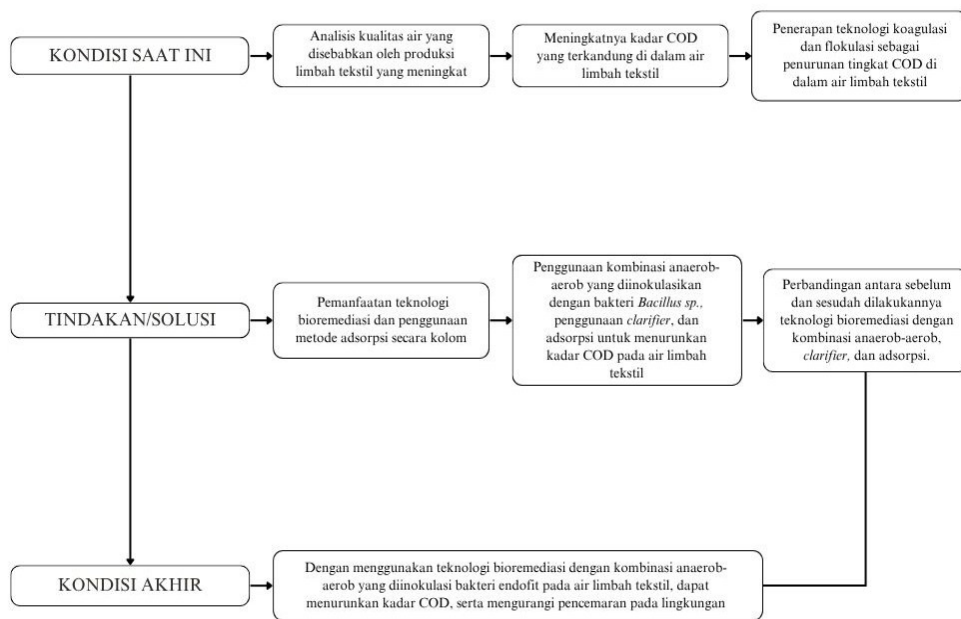
Salah satu teknologi yang dapat dilakukan untuk mengolah limbah tekstil adalah dengan menggunakan elektrodegradasi dan elektrodekolorisasi dengan hasil

degradasi sebesar 98,56% untuk kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) (Rohayati, et al. 2017). Teknologi lain, yaitu menggunakan teknologi membran dengan ultrafiltrasi dan nanofiltrasi atau *reverse osmosis* akan menghasilkan air yang dapat digunakan kembali (Kevino, 2016). Teknologi lain juga dapat menggunakan *activated sludge* (lumpur aktif), *aerated filter*, biofilter anaerob-aerob, ozonasi. Namun, biaya operasional dari pengolahan tersebut sangat tinggi, sehingga memerlukan biaya yang cukup banyak untuk menggunakan teknologi tersebut. Dilihat dari sisi lain, adanya pengolahan yang juga dapat digunakan, yaitu metode adsorpsi.

Penggunaan metode adsorpsi dapat dilakukan dengan menggunakan adsorben untuk menurunkan kandungan-kandungan yang berada di dalam air limbah tekstil. Penelitian yang sudah dilakukan oleh (Rochma dan Titah, 2017), jumlah adsorben karbon aktif menggunakan metode batch paling efektif menurunkan COD sebanyak 190 gram dan dapat melakukan penyisihan terbanyak sebesar 98,74% pada waktu kontak 2,5 jam. Hasil dari pengolahan tersebut sudah baik, tetapi tidak dapat digunakan penerapannya secara kontinu dan membutuhkan hasil yang lebih bagus agar hasil pengolahan dapat dibuang ke lingkungan sesuai dengan standar baku mutu yang berlaku. Sehingga diperlukan pengolahan tambahan yang akan diletakkan sebelum pengolahan air limbah menggunakan metode adsorpsi, yaitu *pre-treatment* berupa pengolahan aerobik, anaerobik, dan *clarifier*. Lalu, untuk metode adsorpsi yang akan digunakan adalah metode kolom sebagai bentuk dari pengembangan studi sebelumnya yang memungkinkan simulasi proses yang lebih representatif dalam sistem pengolahan limbah berkelanjutan.

Dari penjabaran yang telah disampaikan, maka akan dilakukan penelitian dengan mempertimbangkan variasi limbah tenun yang digunakan dan HRT (*Hydraulic Retention Time*). Metode yang diterapkan adalah menggunakan metode adsorpsi secara kontinu atau menggunakan kolom, dengan penggunaan *pre-treatment* berupa pengolahan aerobik, anaerobik, dan *clarifier* yang diperlukan. Tingginya kandungan organik dan parameter-parameter kualitas air yang belum memenuhi baku mutu pada penelitian yang dilakukan oleh (Yassar, 2024) menggunakan sistem *batch* menjadi salah satu alasan penelitian ini menggunakan

sistem secara kontinu. Penelitian ini diharapkan dapat mengurangi kandungan organik dan tingkat kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada air limbah tenun sebelum di buang langsung ke lingkungan, juga menjadi model pengolahan limbah tenun yang lebih efektif dan berkelanjutan di Indonesia. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini berupa air limbah tenun yang diperoleh dari Desa Troso, Kabupaten Jepara.



Gambar 1. 1 Contoh gambar skema kerangka berpikir penelitian

1.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana efektivitas yang dihasilkan pada parameter COD dalam sistem pengolahan kombinasi mikrobiologi dan proses filtrasi untuk air limbah tenun?
2. Bagaimana kualitas air limbah tenun dengan menggunakan sistem pengolahan kombinasi mikrobiologi dan proses filtrasi terhadap parameter COD?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Untuk menguji keefektifan pada parameter COD dalam sistem pengolahan kombinasi mikrobiologi dan proses filtrasi untuk air limbah tenun.
2. Untuk mengkaji kualitas air limbah tenun dengan menggunakan sistem pengolahan kombinasi mikrobiologi dan proses filtrasi terhadap parameter COD.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Sebagai data empiris dalam mengkaji efektivitas pengolahan air limbah tenun menggunakan sistem pengolahan kombinasi mikrobiologi dan proses filtrasi.
2. Sebagai referensi terkait kualitas air limbah tenun terhadap penggunaan sistem pengolahan kombinasi mikrobiologi yang ditambahkan dengan proses filtrasi.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Kulturasasi bakteri *Bacillus cereus*
2. Pengolahan limbah yang digunakan, yaitu sistem anaerob, aerob, clarifier, dan adsorpsi.
3. Parameter yang diuji setiap sampling adalah parameter COD.
4. Analisa terkait nilai kandungan untuk parameter COD menggunakan Spektrofotometer UV-Vis.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair

Limbah cair adalah air buangan yang dihasilkan dari berbagai aktivitas atau proses penggunaan yang dilakukan. Limbah cair sendiri dapat berupa limbah yang berasal dari sisa aktivitas perumahan atau domestik maupun aktivitas industri (Fitriyanti, 2020). Limbah cair dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu limbah cair industri dan limbah domestik atau rumah tangga. Limbah cair rumah tangga merupakan sisa air yang telah digunakan untuk kegiatan sehari-hari yang berhubungan langsung dengan manusia. Sedangkan limbah cair industri merupakan sisa air yang telah digunakan untuk kegiatan produksi pada suatu industri atau perusahaan. Pada limbah cair industri memiliki karakteristik yang berbeda-beda di setiap perusahaan, seperti limbah cair industri tekstil yang memiliki karakteristik yang cukup kompleks jika sudah tercampur di perairan.

2.1.1. Limbah Cair Tekstil

Limbah cair tekstil merupakan limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi tekstil, seperti produksi batik yang menghasilkan limbah konsentrat selama dilakukannya pewarnaan terhadap kain yang digunakan. Limbah cair industri tekstil ini akan menghasilkan kandungan zat organik, logam berat, padatan tersuspensi, dan minyak-lemak yang akan terbawa hingga ke lingkungan jika tidak diolah dengan baik (Rihi, 2022). Menurut Yuniarti dan Widayatno (2021) juga, karakteristik yang dimiliki oleh limbah cair tekstil sendiri bermacam-macam, seperti berwarna keruh, memiliki pH dengan nilai yang tinggi, berbusa, mengandung minyak-alkali, mengandung zat organik (BOD, COD, dan TSS) dan senyawa yang dihasilkan oleh zat perwarna, serta mengandung logam yang tinggi (Cr, Cu, dan Pb). Perwarnaan yang digunakan dalam industri tekstil sendiri berkarakteristik sulit untuk terurai dan kandungan zat warna tinggi. Hal tersebut akan

membahayakan lingkungan jika tidak ada pengolahan lebih lanjut dan langsung dibuang ke badan air atau lingkungan.

Limbah cair tekstil tenun Troso diproduksi dari hasil proses pencelupan kain atau benang Troso dengan kandungan bahan kimia sebagai pewarna yang dipakai. Limbah cair tekstil pada tenun Troso dibuang ke sungai dengan melihat derasnya air sungai dan pengenceran yang dilakukan dengan baik, namun jika daya dukung lingkungan sudah terlampaui akan menyebabkan pencemaran lingkungan terutama pada badan air (Nugraini, et al. 2022). Karakteristik dan komposisi pada limbah cair industri tekstil sendiri dijabarkan dalam bentuk tabel adalah sebagai berikut (Yuniarti dan Widayatno, 2021).

Tabel 2. 1 Parameter Limbah Cair Industri

Parameter	Nilai	Satuan
pH	7 – 9	
BOD	80 – 6.000	mg/L
COD	150 – 12.000	mg/L
TSS	15 – 8.000	mg/L
TDS	2.900 – 3.100	mg/L
Klorida	1.000 – 1.600	mg/L
Total kjeldahl nitrogen	70 – 80	mg/L
Warna	50 – 2.500	Pt.-Co

Sumber: Yuniarti dan Widayatno, 2021

2.1.2. Pengolahan Limbah Cair Tekstil

Pada industri tekstil memiliki dampak yang sangat merugikan dari sisi lingkungan jika pengolahan tidak dilakukan dengan tepat. Hal tersebut dikarenakan limbah dari industri tekstil ini umumnya terbentuk dari berbagai zat organik *non-biodegradable* yang dapat diuraikan melalui proses sinar UV, namun lambat untuk dilakukan proses penguraian dan berdampak lebih mudahnya terakumulasi pada tanah dan perairan (Sitanggang, 2017). Proses produksi dari industri tekstil menghasilkan

limbah cair yang nantinya dibuang ke badan air. Sebelum dibuang ke badan air, adanya pengolahan yang harus dilakukan agar limbah cair tersebut memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan.

Pengolahan limbah cair industri tekstil dilakukan untuk menghilangkan atau menurunkan unsur-unsur dan senyawa pencemar agar mendapatkan *effluent* yang sesuai dengan baku mutu atau regulasi yang telah ditetapkan. Menurut Hari, B.P. (2012), pengolahan limbah cair tekstil tersebut dapat dilakukan dengan tiga cara berdasarkan karakteristik adalah sebagai berikut.

1. Pengolahan Limbah Cair Secara Fisik

Pengolahan limbah cair secara fisik ini dilakukan untuk penyisihan atau pemisahan bahan pencemar tersuspensi yang berupa padatan pada air limbah. Contoh yang cukup sering dijumpai pada pengolahan limbah cair secara fisik adalah penyaringan dan pengendapan.

2. Pengolahan Limbah Cair Secara Kimia

Pengolahan limbah cair secara kimia ini dilakukan untuk penghilang dari partikel-partikel yang tidak mudah mengendap, menetralkan limbah cair dengan cara menambahkan bahan kimia tertentu agar terjadi reaksi kimia sebagai penyisihan dari bahan polutan yang terkandung di dalam air. Hasil akhir dari proses pengolahan tersebut akan dipisahkan dengan menggunakan metode secara fisika.

3. Pengolahan Limbah Cair Secara Biologi

Pengolahan limbah cair secara biologi ini memanfaatkan mikroorganisme dalam penguraian zat-zat polutan yang terdapat dalam air. Untuk pengolahan limbah ini dikatakan sebagai pengolahan limbah yang paling murah dan efisien karena menggunakan mikroorganisme alami, sehingga mengurangi kebutuhan akan bahan kimia yang cukup mahal dan mampu menguraikan senyawa organik yang cukup kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana (Indrayani, L. & Rahmah, N. 2018).

2.2 Pengolahan Sistem Mikrobiologi terhadap Limbah Tenun

Pengolahan sistem mikrobiologi menggunakan mikroorganisme untuk mengolah air limbah yang memiliki kandungan bahan organik tinggi dapat dimanfaatkan secara langsung maupun tidak langsung oleh mikroorganisme sebagai nutrisi pertumbuhannya. Pengolahan tersebut dapat dilakukan secara aerob maupun anaerob. Pengolahan anaerob dilakukan untuk mendegradasi senyawa-senyawa organik yang kompleks berantai panjang menjadi senyawa yang lebih sederhana dan menurunkan beban kerja dari pengolahan aerobik (Kurnia, et al. 2015). Lalu, pengolahan aerob dilakukan dengan melibatkan mikroorganisme yang memerlukan oksigen untuk menguraikan bahan organik dalam air limbah, dimana menggambarkan proses respirasi mikroorganisme yang membutuhkan oksigen atau penggunaan aerator sebagai suplai oksigen (Kurniawati, E. & Rachmanto, T. A. 2024). Berikut merupakan contoh dari sistem pengolahan limbah menggunakan pengolahan aerob, anaerob, dan aerob-anaerob adalah sebagai berikut.

1. Proses Lumpur Aktif (*Activated Sludge Process*). Metode ini menjadi salah satu metode dari mikroorganisme aerob untuk menguraikan bahan organik di dalam air limbah. Dengan dialirkan ke dalam tangki aerasi dengan oksigen yang disuplai secara berkelanjutan dan memungkinkan mikroorganisme mengoksidasi bahan organik menjadi karbon dioksida, air, dan biomassa sel (Said, N. I. 2000).
2. Reaktor UASB (*Upflow Anaerobic Sludge Blanket*). Metode ini menjadi salah satu metode dari mikroorganisme anaerob yang dialirkan dari bawah ke atas melalui lapisan lumpur anaerob. Mikroorganisme tersebut akan diuraikan dari bahan organik menjadi biogas (campuran metana dan karbon dioksida) tanpa adanya kebutuhan oksigen (Praptiwi, R. E. 2017).
3. Biofilter Anaerob-Aerob Tercelup. Metode ini menggabungkan proses anaerob dan aerob dalam satu unit. Awal dari proses ini berasal dari zona anaerob dimana bahan organik diuraikan tanpa oksigen terlebih dahulu. Kemudian, dialirkan menuju zona aerob untuk degradasi lebih lanjut dengan bahan organik menggunakan bantuan oksigen (Singga, et al. 2019).

2.3 Biodegradasi

Biodegradasi merupakan proses alami dalam menguraikan senyawa organik oleh mikroorganisme dalam air limbah menjadi senyawa yang lebih sederhana. Senyawa pencemar digunakan oleh mikroba sebagai sumber makanan dan energi dalam pertumbuhan sel. Proses alami juga dilakukan oleh mikroba yang membutuhkan hidrokarbon dan menghasilkan karbondioksida, air, biomassa, dan oksidasi secara biologi. Dalam proses biodegradasi ini, pencemar yang awalnya berbahaya akan mengalami penurunan konsentrasi dan mengubah air limbah yang relatif aman. Kecepatan proses biodegradasi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu kelembaban, jenis mikroorganisme, temperatur, pH, jenis polimer, dan ketebalan polimer. Kondisi tersebut harus menyesuaikan dengan jenis mikroba yang akan digunakan sebagai biodegradator (Dwicania, 2019).

Proses biodegradasi limbah dapat berlangsung dalam kondisi aerobik dan anaerobik. Proses biodegradasi limbah dalam kondisi aerobik dilakukan oleh beberapa mikroorganisme yang membutuhkan oksigen, dimana oksigen berperan sebagai penerima elektron dalam pengubahan molekul kompleks menjadi molekul yang lebih sederhana. Sebaliknya, biodegradasi dalam kondisi anaerobik terjadi tanpa melibatkan molekul oksigen (Asiandu, 2020).

2.4 Sistem Pengolahan Anaerobik

Sistem pengolahan anaerobik merupakan pengolahan air limbah dengan adanya mikroorganisme tanpa dilakukannya injeksi oksigen atau udara selama dilakukannya proses pengolahan. Yang mampu melakukan proses degradasi secara anaerobik di dalam digester dan menghasilkan biogas sebagai produk akhir. Dari biogas tersebut dengan campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri yang terdapat dalam bahan-bahan organik yang menghasilkan gas metana (50%-70% volume), karbondioksida (30-40%), serta sejumlah kecil gas kelumit seperti H_2 , H_2S , uap H_2O , dan nitrogen. Sistem pengolahan juga menurunkan kandungan polutan organik yang terkandung di dalamnya (Hidayati, 2017).

Pengolahan ini digunakan untuk menghilangkan bahan organik dari air limbah dengan kadar tinggi yang dihasilkan dari produksi lumpur dan kebutuhan

energinya yang relatif rendah. Namun, efisiensi dari pengolahan anaerobik belum maksimal dan masih menjadi sumber pencemaran lingkungan (Adam, et al. 2007).

2.5 Sistem Pengolahan Aerobik

Sistem pengolahan aerobik merupakan proses air limbah yang diolah menggunakan mikroorganisme dengan bantuan injeksi oksigen atau udara. Pengolahan aerobik menggunakan metode aerasi tersebut dengan oksigen yang diinjeksikan atau ditambahkan yang kemudian akan dimanfaatkan oleh mikroorganisme untuk proses oksidasi, sehingga oksigen yang terlarut di dalam air limbah tersebut semakin tinggi. Namun, efektivitas tersebut bergantung pada luasnya permukaan air yang kontak langsung dengan udara. Dengan fungsi sebagai pelarut oksigen ke dalam air untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut dan melepaskan kandungan gas-gas yang terlarut dalam air, serta membantu pengadukan di dalam air limbah (Yuniarti, et al. 2019).

2.6 Clarifier

Clarifier merupakan sistem pengolahan untuk mengolah air dari kualitas air baku yang terkontaminasi dan berfungsi untuk memisahkan padatan tersuspensi, seperti partikel lumpur, pasir, dan zat padatan lainnya dari air tersebut secara gravitasi. Sistem ini digunakan untuk mengolah air dari kualitas air baku dengan kekeruhan yang tinggi. Cara kerja dari *clarifier* ini adalah memperlambat aliran air pada suatu tangki, yang kemudian partikel-partikel berat untuk mengendap dan membentuk lumpur di dasar tangki. *Clarifier* berperan penting dalam pengolahan air limbah, terutama dalam perawatan kualitas air yang diinginkan dan memenuhi standar sesuai baku mutu (Rochim & Rosiariawari, 2023).

Dalam menurunkan kadar COD melalui proses sedimentasi gravitasi dan penambahan koagulasi. *Clarifier* tipe *lamella clarifier* menurunkan konsentrasi COD dari 229-277 mg/L menjadi 156-163 mg/L, dengan efisiensi penyisihan mencapai 26% tanpa adanya penambahan koagulan. Setelah ditambahkan koagulan, seperti *Poly Aluminum Chloride* (PAC) meningkat menjadi 36% (Sameeullah, et al. 2022).

2.7 Sistem Pengolahan Adsorpsi

Sistem pengolahan adsorpsi merupakan pengolahan dengan terakumulasinya partikel pada permukaan suatu zat lain yang disebut dengan adsorbat dan material terjadinya adsorpsi disebut dengan adsorben. Penggunaan adsorben ini dapat diaplikasikan dengan ketersediaan yang berlimpah, bahan baku yang mudah didapat, dan dalam proses pengolahannya mudah untuk dilakukan. Yang menjadi keunggulan dari sistem pengolahan adsorpsi ini adalah efektivitas dan efisiensinya relatif tinggi, serta tidak memberikan efek samping berupa zat beracun dengan biaya yang relatif lebih murah dibandingkan pengolahan lainnya (Khabibi, et al. 2014).

Mekanisme penyerapan antara zat pada permukaan adsorben dibagi menjadi dua jenis, yaitu secara fisika dan kimia. Adsorpsi secara fisika terjadi karena adanya interaksi dengan adsorbat yang mempengaruhi gaya-gaya antarmolekul. Sedangkan adsorpsi secara kimia terjadi oleh adsorbat yang melibatkan pembentukan ikatan kimia (Zulfania, et al. 2022).

Metode adsorpsi dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu metode statis (batch) dan metode dinamis (kontinu atau kolom). Metode statis adalah metode yang dilakukan dengan cara memasukkan larutan sampel ke dalam wadah berisi adsorben dan diaduk selama waktu yang ditentukan, kemudian hasilnya diuji dengan cara melakukan pemisahan adsorben terlebih dahulu menggunakan kertas saring atau dekantasi. Metode dinamis adalah metode yang dilakukan dengan cara memasukkan larutan sampel ke dalam kolom yang berisi adsorben dan ditampung, kemudian diuji hasil konsentrasinya (Rielsa, 2023).

2.8 Bakteri Endofit

Bakteri endofit adalah mikroorganisme yang secara alami hidup di dalam jaringan tanaman, menempati ruang interseluler-vascular, dan isolasi terhadap bakteri yang dilakukan di seluruh bagian tanaman mulai dari akar hingga daun. Tanaman menjadi lebih bermanfaat karena bakteri endofit dapat meningkatkan ketersediaan nutrisi, menghasilkan hormon pertumbuhan, dan meningkatkan

resistensi tanaman terhadap berbagai macam mikroba patogen dengan menginduksi ketahanan tanaman agar dapat bertahan dari serangan penyakit (Nursulistyarini, F., et al. 2014).

Bakteri endofit dapat memproduksi metabolit sekunder yang sama dengan tanaman inangnya, dan metabolit sekunder berupa zat bioaktif tersebut memiliki keunggulan, yaitu mikroorganisme mudah untuk ditumbuhkan, memiliki siklus hidup yang lebih pendek, dan dapat menghasilkan senyawa bioaktif dengan jumlah yang cukup besar. Bakteri endofit pada tumbuhan pada umumnya berasal dari akar yang nantinya akan menyebar melalui xylem menuju ke bagian tumbuhan lainnya, seperti akar, batang, maupun daun yang dapat menembus menggunakan enzim dan mampu menghidrolisis dinding pada bagian ekstraseluler sel (Yandila, S., et al. 2018). Selain adanya hidrolisis pada dinding ekstraseluler sel, enzim ini juga dapat digunakan untuk memasuki ruang antar sel yang harus melewati terlebih dahulu korteks akar menuju ruang antar sel.

2.9 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) atau sering kali disebut kebutuhan oksigen kimiawi adalah jumlah oksigen yang diperlukan pada kondisi tertentu sebagai pengurai benda organik secara kimiawi menggunakan satuan ppm atau mg/L. Pengujian menggunakan COD dilakukan untuk mengukur oksigen dari bahan organik yang terkandung dalam air limbah yang dapat teroksidasi secara kimiawi, dimana jika terjadi peningkatan COD maka akan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut pada air (Ramayanti & Amna, 2019).

Pada limbah cair industri tekstil mengandung senyawa logam berupa krom, timbal, nikel, tembaga, dan mangan yang sulit untuk diuraikan oleh mikroorganisme secara alamiah dan berpotensi mengganggu kualitas air, salah satunya kenaikan nilai COD. Berdasarkan Peraturan Gubernur Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 mengatakan bahwa baku mutu limbah cair industri tekstil terhadap parameter COD tidak boleh melebihi 250 ppm untuk dibuang ke badan sungai atau lingkungan. Tetapi fakta yang ada mengatakan bahwa kandungan COD melebihi 250 ppm dengan nilai kandungan COD berkisar 2000-12.000 ppm dan hal tersebut

masih melebihi batas baku mutu (Yoshi, L.A., et al. 2020). Semakin tinggi nilai kandungan pada COD, maka akan semakin berbahaya dan berdampak buruk kepada kualitas air yang ada. Maka dari itu, dibutuhkannya suatu pengendalian atau upaya sebagai salah satu upaya penurunan nilai kandungan COD.

Pengujian untuk kandungan COD digunakan untuk menilai kandungan air tersebut tercemar atau tidak dengan menambahkan kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) dan asam sulfat (H_2SO_4) ke dalam sampel, lalu dipanaskan dan dikondensasi menggunakan reaktor COD atau *thermoreactor* selama 2 jam dengan suhu $150^\circ C$, kemudian dibaca menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Yassar, M.N., 2024).

2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu menjadi referensi dalam melakukan penelitian ini. Penelitian terdahulu merupakan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh peneliti lainnya terkait pengolahan limbah cair tekstil menggunakan sistem pengolahan mikrobiologi dan penggunaan mikroba. Penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu

Referensi	Teknologi	Bakteri	Hasil Removal
(Rochma & Titah, 2017)	Karbon Aktif Melalui Proses Adsorpsi Secara <i>Batch</i>		COD: 98,74% BOD: 92,30%
(Hariyani & Sarto, 2018)	Biofilter anaerob-aerob	Biofilm Bakteri	BOD: 55% TSS: 50% Fosfat: 41% <i>Total Coliform</i> : 99,9% COD: 59,9%
(Kurniawati & Sanuddin, 2020)	Adsorpsi dengan Variasi Lama Kontak		COD: 72,8% - 98,41% TSS: 17,36% - 86,94% pH: 4,0% - 63,0%
(Dewi, et al. 2019)	Kombinasi Anaerob-Aerob	<i>Effective Microorganisms type 4 (EM4)</i>	COD: 74% BOD: 73% TSS: 69% Warna: 60%
(Sastrawidana, et al. 2012)	Kombinasi Anaerob-Aerob	<i>Aeromonas sp.</i> ML6 <i>Aeromonas sp.</i> ML14 <i>Aeromonas sp.</i> ML24 <i>Pseudomonas sp.</i> ML8 <i>Flavobacterium sp.</i> ML20	Warna: 96,94% TDS: 75,73% TSS: 68,03% COD: 97,68% BOD: 94,60%
(Irawati, et al. 2011).	Filter Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Berlapis Kitosan		TSS: 77,25% Kekeruhan: 87,63% Pb total: 77,78%
(Daris, P.J.J., et al. 2020)	Filtrasi <i>Bottom Ash Constructed Wetlands</i>		Filtrasi <i>bottom ash</i> : TDS: 16,47% TSS: 97,09% COD: 72,14%

			Kromium: 94,78% <i>Constructed Wetland:</i> TDS: 13,12% TSS: 57,53% COD: 7,52% Kromium: 0,35%
--	--	--	--

Sumber: hasil olah data, 2025

Hasil penelitian oleh (Rochma & Titah, 2017), tertuju pada efektivitas sistem pengolahan limbah dengan menggunakan teknologi karbon aktif melalui proses adsorpsi secara *batch*. Dengan efisiensi penurunan pada kandungan COD dan BOD pada limbah cair industri batik adalah sebesar 98,74% dan 92,30%.

Hasil penelitian oleh (Hariyani & Sarto, 2018), penurunan konsentrasi COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), fosfat, coliform total, dan TSS (*Total Suspended Solid*) menggunakan teknologi biofilter anaerob-aerob pada air limbah rumah sakit yang dikombinasikan dengan konsorsium bakteri berturut-turut sebesar 59,9%; 55%; 41%; 99,9%, dan 50% pada jam efektivitas yaitu jam puncak.

Hasil penelitian oleh (Kurniawati & Sanuddin, 2020), air limbah cair batik dengan metode filtrasi dan adsorpsi dengan variasi lama kontak sebesar 120 menit yang menghasilkan efisiensi penyisihan COD sebesar 72,8% - 98,41%; TSS sebesar 17,36% - 86,94%; dan penetralan pH sebesar 4,0% - 63,0%. Media yang digunakan adalah pasir, kerikil, arang aktif, dan zeolit untuk filtrasi dan adsorpsi.

Hasil penelitian oleh (Dewi, et al., 2019), dalam meningkatkan kualitas air limbah industri batik menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob didapatkan hasil pada efisiensi removal dari parameter COD, BOD, TSS, dan warna dengan pengolahan selama 3 hari berturut-turut sebesar 74%, 73%, 69%, dan 53%.

Hasil penelitian oleh (Sastrawidana, et al., 2012), menggunakan sistem kombinasi anaerobik-aerobik menggunakan biofilm bakteri konsorsium dari lumpur limbah tekstil dapat menurunkan efektivitas parameter warna, TDS, TSS, COD, dan BOD setelah dilakukan pengolahan selang waktu 6 hari secara berturut-turut adalah sebesar 96,94%; 75,73%; 68,03%; 97,68%; dan 94,60%.

Hasil penelitian oleh (Irawati, et al., 2011), pengolahan limbah cair industri tekstil dengan menggunakan filter arang aktif cangkang kelapa sawit berlapis kitosan memiliki efisiensi penyisihan terhadap paramater TSS, kekeruhan, dan Pb total berturut-turut adalah sebesar 77,25%; 87,63%; dan 77,78%.

Hasil penelitian oleh (Daris, 2020), pengolahan limbah tekstil dengan Metode Hibrid menggunakan sistem filtrasi *Bottom Ash* dan *Constructed Wetlands* menunjukkan penurunan terhadap nilai paramater TDS, TSS, COD, dan kromium berturut-turut sebesar 16,47%; 97,09%; 72,14%; dan 94,78% untuk filtrasi *bottom ash*. Lalu, penurunan terhadap nilai paramater TDS, TSS, COD, dan kromium berturut-turut sebesar 13,12%; 57,53%; 7,52%; dan 0,35%.

Dari penelitian yang sudah dijabarkan, beberapa penelitian menunjukkan bahwa nilai parameter terutama pada parameter COD memiliki nilai di bawah 90%. Maka dari itu, akan dilakukan penelitian agar dapat mereduksi nilai COD lebih besar sehingga pengolahan menghasilkan outlet yang benar-benar aman dibuang ke lingkungan. Penelitian yang akan dilakukan menggunakan sistem pengolahan anaerobik, aerobik, *clarifier*, dan adsorpsi. Dimana media adsorpsi yang digunakan berupa pasir silika, zeolit, dan PEG.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi

Penelitian ini akan dilaksanakan pada Bulan Januari 2025 hingga Bulan Juli 2025. Penelitian ini akan dilakukan di *Workshop* Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, dan Laboratorium Bioteknologi Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data diperoleh dari hasil pengujian sampel air limbah tekstil menggunakan sistem pengolahan yang dikombinasikan, yaitu anaerobik, aerobik, *clarifier*, dan adsorpsi. Lalu, dapat dilihat setelah melakukan pengujian kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD). Analisis akan dilakukan dari hasil pengujian pada laboratorium dan ditarik kesimpulan dari pengujian tersebut.

3.3. Alat dan Bahan

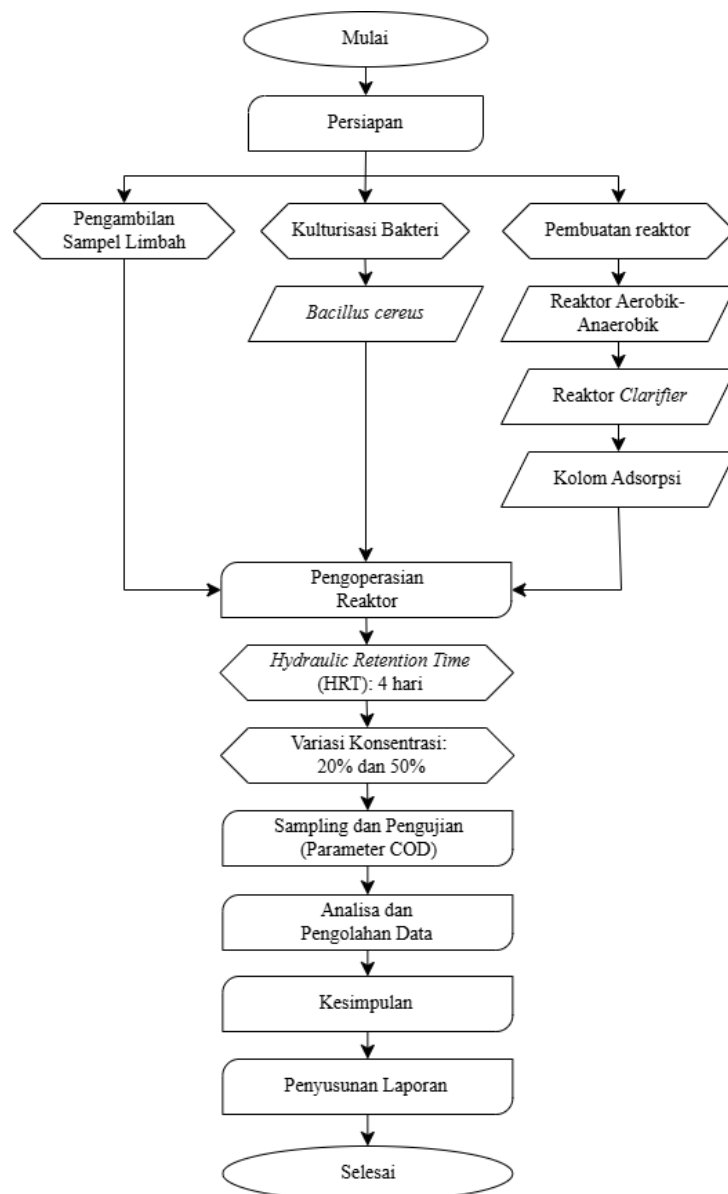
Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian mengacu pada SNI 6989.2:2019 tentang Metode Pengujian yang Dilakukan dengan menggunakan Parameter COD. Alat yang digunakan selama penelitian, yaitu bak penampung 20 L, bak penampung aerob-anaerob berukuran 20 L, galon plastik 5 L, pipa akrilik 21x25 mm, pipa diameter ½, soket pipa, keran, penggaris, pulpen, spidol permanen, gunting, solder, dan lem perekat pipa. Kemudian, alat yang digunakan selama pengujian di dalam laboratorium, yaitu tabung refluks, rak tabung, *beaker glass*: 50 mL; 100 mL; 1000 mL, labu ukur: 10 mL; 250 mL, *magnetic stirrer*, timbangan analitik, corong, cawan petri, kaca arloji, pipet ukur: 5 mL dan 10 mL, spatula, penjepit kayu, *laminar air flow*, inkubator, *waterbath*, *thermoreactor*, dan Spektrofotometer UV-Vis.

Untuk bahan-bahan yang digunakan adalah air sampel tenun, bubuk Kalium hidrogen ftalat (KHP), bubuk Kalium bikromat ($K_2Cr_2O_7$), larutan Asam sulfat

pekat (H_2SO_4), bubuk perak sulfat (Ag_2SO_4), bubuk Raksa sulfat (HgSO_4), isolat bakteri endofit, *Nutrient Broth*, media *Nutrient Agar*, pasir silika, zeolit, bubuk *Polietilen glikol* (PEG), dan aquades.

3.4. Diagram Alir Penelitian

Penelitian tentang efisiensi penurunan kadar COD dengan kombinasi pengolahan mikrobiologi dan inokulasi bakteri endofit terlihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Penelitian

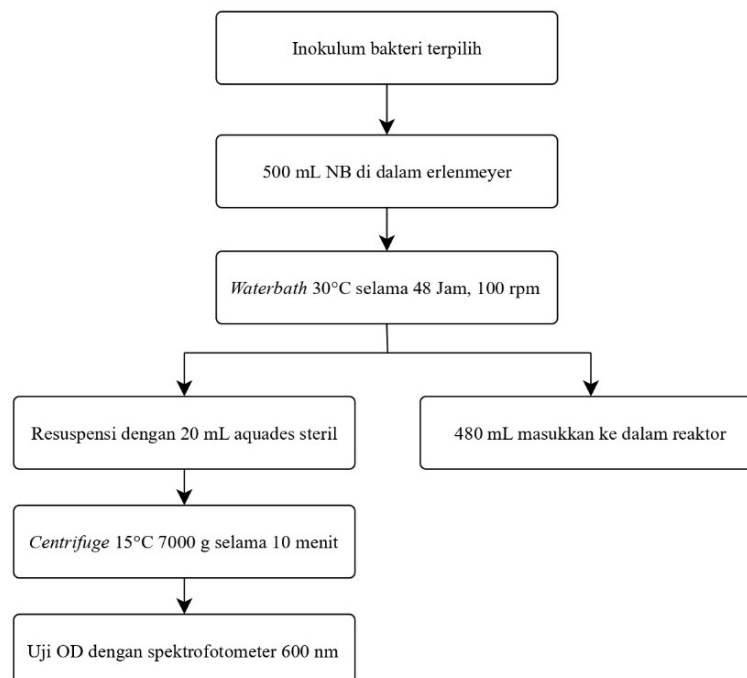
3.5. Prosedur Analisis Data

3.5.1. Preparasi Air Limbah

Air limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah air limbah tenun dengan konsentrasi sebesar 20% dan 50%. Air limbah akan diambil secara langsung dari air buangan hasil dari proses pembuatan kain tenun Troso di Desa Troso, Kabupaten Jepara.

3.5.2. Kulturasasi Bakteri

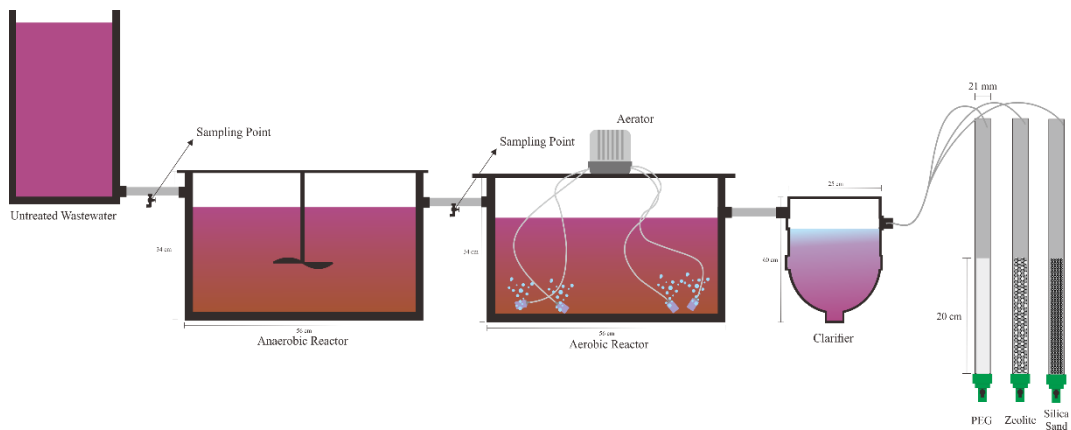
Bakteri yang telah diidentifikasi pada penelitian sebelumnya, yaitu Bakteri konsorsium *Bacillus cereus* dimasukkan ke dalam 500 mL *Nutrient Broth* (NB) yang steril di dalam erlenmeyer. Kemudian erlenmeyer dengan berisikan media kultur dan bakteri dimasukkan ke dalam *waterbath* dengan suhu 30°C selama 48 jam melalui pengadukan berkecepatan 100 rpm. Setelah 48 jam, diambil 480 mL kultur bakterin untuk dimasukkan ke dalam reaktor. Untuk 20 mL yang disisakan akan dilakukan pengukuran *Optical Density* (OD) pada spektrofotometer dengan panjang gelombang sebesar 600 nm (Yassar, 2024). Berikut merupakan langkah-langkah pemindahan bakteri adalah sebagai berikut.



Gambar 3. 2 Tahapan Kulturasasi Bakteri

3.6. Sistem Pengolahan

Pembuatan reaktor ini terdiri dari bak pengumpul, reaktor anaerobik, reaktor aerobik, *clarifier*, dan kolom adsorpsi. Susunan reaktor tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Sistem Pengolahan



Gambar 3. 4 Sistem Pengolahan Pada Kondisi *Real*

3.6.1. Pembuatan Reaktor Anaerobik

Pembuatan bak pengumpul anaerobik ini menggunakan box kontainer bervolume 20 L dengan dimensi 37 cm x 23 cm x 23,5 cm yang diisi oleh limbah yang ditambahkan dengan *sludge* atau lumpur. Volume air yang terdapat pada reaktor ini sebesar 9,7 L. Reaktor ini menjadi tahapan utama setelah dialirkannya air limbah tenun dan air tersebut akan diolah di dalam

reaktor anaerob. Kemudian, bak pengumpul anaerobik disambungkan ke tahap selanjutnya (Rahminda, et al. 2023).

3.6.2. Pembuatan Reaktor Aerobik

Pembuatan bak pengumpul aerobik ini menggunakan box kontainer bervolume 20 L dengan dimensi 37 cm x 23 cm x 23,5 cm yang diisi oleh limbah yang ditambahkan dengan *sludge* atau lumpur yang diaerasikan menggunakan aerator dengan *flowrate* sebesar 5,2 L/m. Volume air yang terdapat pada reaktor ini sebesar 9,7 L. Reaktor ini mengolah air limbah tenun yang berasal dari reaktor anaerob yang kemudian diinjeksikan oksigen dan terjadi proses oksidasi di dalam air limbah yang lebih tinggi dibandingkan air limbah sebelumnya. Kemudian, bak pengumpul aerobik disambungkan ke tahap selanjutnya (Rahminda, et al. 2023).

3.6.3. Pembuatan *Clarifier*

Pembuatan *clarifier* ini menggunakan galon plastik berukuran 5 L yang berisi air dari bak pengumpul aerobik. Dimana galon tersebut dibagi menjadi dua dan sisi bagian atas dibalik agar dapat memisahkan antara *sludge* dengan air limbah. Hal ini dilakukan agar saat masuk ke pengolahan selanjutnya, hanya mengandung sedikit *sludge* dan hanya mengalirkan air limbah yang telah diolah pada reaktor sebelumnya. *Sludge* yang berada di dasar tangki dikembalikan reaktor anaerobik dan kemudian diolah kembali. Lalu, air yang berada di *clarifier* akan menuju ke kolom adsorpsi.

3.6.4. Pembuatan Kolom Adsorpsi

Pembuatan kolom adsorpsi ini menggunakan 3 buah pipa akrilik dengan tinggi 100 cm berdiameter 21x25 mm yang diisi dengan 3 adsorben yang berbeda di masing-masing pipa, dimana air yang dialirkan berasal dari *clarifier*. Kolom adsorpsi digunakan untuk mengurangi kandungan COD menggunakan media adsorben. Media adsorben yang digunakan berupa pasir silika, zeolit, dan *Polietilen glikol* (PEG). Dimana kolom adsorpsi ini akan menyerap *sludge* yang masih terbawa dan menjernihkan air limbah dari *clarifier* (Rielsa, 2023). Aktivasi media pada zeolit dan pasir silika dilakukan dengan cara di-*furnace* pada suhu 550°C

selama 30 menit. Lalu, untuk pembuatan PEG menggunakan prosedur pada penelitian sebelumnya (Hakim, et al. 2025).

3.7. *Running* Reaktor dan Sampling Reaktor

3.7.1. Aklimatisasi Lumpur Aktif

Aklimatisasi lumpur aktif dimulai menggunakan *sludge* yang berasal dari IPAL Batang, Jawa Tengah. *Sludge* tersebut diaklimatisasi dimulai pada tanggal 4 Juni 2025 hingga 30 Juni 2025. Kemudian, untuk air limbah aklimatisasi menggunakan air limbah dari IPAL Tirto Mili, Sleman. Adanya penambahan nutrisi untuk *sludge* tersebut berupa gula dan urea dengan perbandingan 10:1 dalam 30 liter limbah. Hal tersebut dilakukan untuk pertumbuhan *sludge* dan pembentuk flok-flok. Dalam aklimatisasi ini, dilihat parameter fisika yang menjadi tolak ukur keberhasilan operasional sistem pengolahan air limbah secara biologis. Hal tersebut dapat menjadi tanda untuk adaptasi mikroorganisme terhadap limbah yang diolah sehingga komunitas mikroba dapat berkembang optimal. Keberhasilan dari aklimatisasi yang dipantau secara berkala adalah kenaikan dari *Sludge Volume* 30 (SV30) yang sudah mencapai 80 mL dalam kondisi stabil (Ghanizadeh & Sarrafpour, 2001).

3.7.2. *Running* Reaktor

Setelah aklimatisasi, air limbah tenun akan dialirkan ke dalam reaktor. Pada pengujian pertama air limbah tenun yang dialirkan menggunakan konsentrasi limbah sebesar 20% yang dimulai pada tanggal 1 Juli 2025. Kemudian, dilakukan secara berkala dengan menggunakan konsentrasi 50% yang dimulai pada tanggal 11 Juli 2025 hingga 25 Juli 2025. Lalu, pengaliran air limbah dari bak pengumpul menggunakan pompa berukuran 1x3 mm dengan besaran 12V. Dengan *Hydraulic Retention Time* (HRT) 4 hari, membutuhkan 2,42 L. Maka, banyaknya air limbah yang digunakan untuk konsentrasi 20% dan 50% berturut-turut sebanyak 12,1 L dan 45,98 L dengan debit 3,2 L/hari.

Kemudian, untuk kolom adsorpsi menggunakan pompa peristaltik 24v. Dengan debit aliran yang masuk ke kolom adsorpsi sebesar 20,6 L/hari. Lalu,

untuk pengoperasian kolom adsorpsi dilakukan selama 2 jam kemudian dimatikan.

3.7.3. Sampling Reaktor

Sampling saat pengujian pada konsentrasi air limbah dilakukan sebanyak 5 kali dan dilakukan pada hari ke 0, 7, 14, 21, dan 28 dengan total pengujian sebanyak 60 sampel. Sampling dilakukan di 6 titik, yaitu pada bak pengumpul, kran antara reaktor anaerobik-aerobik untuk sampling reaktor anaerobik, *clarifier* untuk sampling reaktor aerobik, dan pada masing-masing media kolom adsorpsi. Pengambilan sampel pada *clarifier* bertujuan dalam pemisahan antara air dan lumpur yang sudah selesai diproses pada reaktor aerob. Sehingga air yang berada pada *clarifier* sudah bebas dari proses degradasi COD yang relatif sudah bebas dari *sludge* (Rochim & Rosiariawari, 2023). Sampling ini menggunakan HRT (*Hydraulic Retention Time*) selama 4 hari dengan variasi konsentrasi yang digunakan pada air limbah sebesar 20% dan 50%. Variasi konsentrasi yang digunakan sebesar 20% dan 50%. Konsentrasi 20% digunakan untuk pengurangan beban pencemar per satuan volume dan mungkin dapat meningkatkan efisiensi pengolahan, dengan air limbah yang diencerkan hingga seperempat dari konsentrasi. Konsentrasi 50% digunakan dalam air limbah dengan keadaan separuh dari limbah aslinya dan mampu mengolahnya dengan baik dengan proses cukup efisien (Adi, 2021).

3.8. Pengujian Sampel

3.8.1. Pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pengujian kandungan COD pada sampel air limbah untuk parameter kimia dilakukan menggunakan metode refluks tertutup, mengikuti acuan sebagai pengujian yang berasal dari SNI 6989.2:2019.

3.8.2. Pengujian *Sludge Volume* 30 (SV30)

Pengujian MLSS dilakukan dengan cara mengambil air limbah dari tangki reaktor dan dituangkan ke dalam gelas ukur 1000 mL. Setelah

dituangkan, air limbah ditunggu selama 30 menit agar *sludge* mengendap dan diukur tinggi *sludge* tersebut (Hydranautics, 2013).

3.8.3. Pengujian *Mixed Liquor Suspended Solids* (MLSS)

Pengujian MLSS dilakukan dengan cara mengambil 50 mL dari *sludge* yang sudah diukur pada SV30 sebagai sampel. Kemudian, menyiapkan kertas kertas saring yang telah dikeringkan dengan aquades pada suhu 105°C dan ditimbang berat kertas saring tersebut sebagai nilai awal. Lalu, sampel tersebut dituangkan pada kertas saring tersebut dan dikeringkan kembali pada suhu 105°C. Setelah dikeringkan, ditimbang berat kertas saring tersebut sebagai nilai akhir (Chen, et al. 2020).

3.8.4. Pengujian *Dissolved Oxygen* (DO)

Pengujian DO menggunakan alat ukur kualitas air, yaitu *Multi-parameter Water Quality Meter*. Alat tersebut dicelupkan ke dalam wadah yang diisi oleh sampel air limbah dan angka akan terbaca pada alat ukur. Setelah itu, angka dicatat sebagai nilai DO.

3.8.5. Pengujian *Oxidation-Reduction Potential* (ORP)

Pengujian DO menggunakan alat ukur kualitas air, yaitu *Multi-parameter Water Quality Meter*. Alat tersebut dicelupkan ke dalam wadah yang diisi oleh sampel air limbah dan angka akan terbaca pada alat ukur. Setelah itu, angka dicatat sebagai nilai ORP.

3.9. Analisis Data

Perhitungan untuk mengetahui nilai konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) mengacu pada SNI 6989.2:2019. Dengan penggunaan beberapa reagen, seperti Kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$) dan pereaksi asam sulfat ($H_2SO_4 + AgSO_4$). Kemudian, metode yang digunakan berupa refluks tertutup secara spektrofotometri. Penggunaan instrumen yang dibutuhkan adalah *thermoreactor* atau pemanas refluks dan Spektrofotometer UV-Vis. Berikut merupakan perhitungan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\text{Kadar COD (mg O}_2\text{/L)} = C \times f \quad (1)$$

Keterangan.

C : nilai COD contoh uji

f : faktor pengenceran

Berdasarkan persamaan (1), akan didapatkan hasil konsentrasi COD setelah dilakukan pengenceran dan mendapat konsentrasi *real*. Selanjutnya menghitung efisiensi penyisihan COD. Adanya pengujian parameter COD dengan menganalisis data dalam perhitungan efisiensi penyisihan COD menggunakan persamaan (2) sebagai berikut (Yassar, 2024).

$$\% \text{ Removal Effluent} = \frac{\text{Cons 1} - \text{Cons Sampel}}{\text{Cons 1}} \times 100\% = \dots \% \quad (2)$$

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Limbah

Karakteristik limbah yang digunakan pada penelitian ini diambil dari industri tenun di Desa Troso, Jepara yang berasal dari proses pencucian dan pewarnaan pada kain tenun. Air limbah tersebut diolah menggunakan metode anaerob-aerob, *clarifier*, dan kolom adsorpsi. Dengan rangkaian dari kontainer berbahan plastik dan pipa akrilik sebagai kolom adsorpsi.

Karakteristik air limbah tenun yang digunakan berwarna hitam pekat dan memiliki bau yang cukup menyengat. Hal tersebut disebabkan oleh polutan-polutan bahan pewarna dan pewarnaan yang tidak terserap oleh serat kain sepenuhnya (Siwi, 2021). Kemudian air limbah tersebut melalui pengolahan dan adanya perubahan warna secara penampilan fisik yang berubah secara signifikan, yaitu berwarna coklat bening dan berbeda dengan warna limbah awal yang berwarna hitam pekat.

Dilihat dari uji karakteristik yang dilakukan oleh (Nuha, et al. 2016), terhadap limbah cair tenun Troso memperoleh hasil kandungan pada parameter *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 520 mg/L, kromium total sebesar 0,003 mg/L, *Biological Oxygen Demand* (BOD) sebesar 1935 mg/L, *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 5593 mg/L, fenol sebesar 2,348 mg/L, dan pH sebesar 8. Hasil dari parameter-parameter tersebut jika disesuaikan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah, maka hasil tersebut dinyatakan telah melebihi ambang batas baku mutu yang ditetapkan dan akan menyebabkan pencemaran lingkungan jika air limbah tersebut dibuang ke lingkungan tanpa adanya pengolahan untuk menurunkan nilai-nilai dari hasil parameter tersebut. Berikut merupakan baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan industri tekstil yang dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4. 1 Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Industri Tekstil

Parameter	Kadar Paling Tinggi (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton)
BOD ₅	60	6
COD	150	15
TSS	50	5
Fenol Total	0,5	0,05
Krom Total (Cr)	1,0	0,1
Amonia Total (NH ₃ -N)	8,0	0,8
Sulfida (Sebagai S)	0,3	0,03
Minyak dan Lemak	3,0	0,3
pH	6,0 – 9.0	
Debit Limbah Paling Tinggi	100 m ³ /ton produk tekstil	

Sumber: PermenLHK Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019

Tabel 4. 2 Karakteristik Parameter Air Limbah Tenun

Parameter	Konsentrasi	Baku Mutu
COD	1.729,205 mg/L	150 mg/L
pH	8,45	6,0 – 9,0

4.2 Pengaruh Variasi Beban Air Limbah Terhadap Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

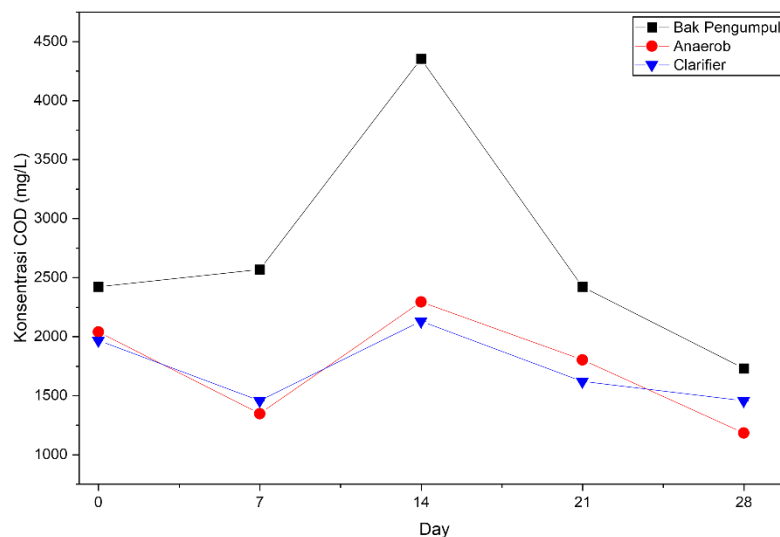
Air limbah yang berasal dari industri tenun umumnya mengandung bahan organik dan anorganik dari proses pewarnaan dan pencucian. Parameter utama yang menjadi nilai dalam tingkat pencemaran organik limbah salah satunya adalah *Chemical Oxygen Demand* (COD). Beban air limbah tenun tersebut dapat berganti secara fluktuasi tergantung dari produksi dan proses yang dilakukan. Variasi beban secara langsung akan mempengaruhi kinerja pada masing-masing unit pengolahan. Dimulai dari reaktor anaerob-aerob, *clarifier*, dan berakhir di kolom adsorpsi sebagai effluennya. Oleh karena itu, variasi beban air limbah terhadap parameter COD ini penting dalam peningkatan efisiensi sistem dan mencapai baku mutu yang telah ditetapkan.

Penambahan bakteri berupa *Bacillus cereus* pada reaktor aerobik menjadi salah satu upaya untuk meningkatkan efisiensi pemurnian yang tidak efektif dan mendegradasi polutan yang berada pada limbah tenun (Fajri, et al. 2024). Kemudian,

dilakukan proses *seeding* untuk mendukung pertumbuhan bakteri yang berperan dalam pengolahan limbah cair tenun. Nutrisi yang digunakan berupa glukosa dan urea untuk mempercepat pertumbuhan bakteri, serta menjaga pH berada di rentang 6,5 – 7,0 (Mukhtar, et al. 2017).

4.2.1. Sistem Pengolahan Biologis

Pada pengujian pertama dengan konsentrasi 20% air limbah digunakan sebagai acuan awal dalam pengoperasian alat dan stabilitas operasi, serta berperan sebagai uji kelayakan metode agar data pada variasi konsentrasi valid dan dapat dianalisis. Hal tersebut dikarenakan untuk memastikan proses pengolahan berjalan dalam batas operasional yang aman dan efisien. Didukung oleh (Zakaria, N. 2023), proses karakterisasi awal dilakukan untuk menyetarakan aliran limbah sebelum masuk ke proses pengolahan lanjutan dengan nilai COD berkisar 400 – 3.000 mg/L. Maka, konsentrasi 20% dapat dilakukan sebagai dasar evaluasi efektivitas pengolahan untuk variasi konsentrasi berikutnya. Berikut merupakan grafik sistem pengolahan biologis pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Grafik Hasil Pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Pengolahan Biologis

Sumber: hasil olah data, 2025

Kemudian, data yang didapatkan selanjutnya pada hari ke-7 penelitian dengan konsentrasi limbah 50% mengalami penurunan terendah pada reaktor anaerob sebesar 1.346,691 mg/L. Hal tersebut disebabkan oleh peningkatan bahan organik yang terjadi pada reaktor anaerob, sehingga menguraikan residu organik yang terkandung dalam air limbah tenun. Penggunaan pengaduk juga mencegah terjadinya zona mati agar limbah tidak mengendap dan dapat terdegradasi oleh mikroba (Aghasa, et al. 2017). Akan tetapi, konsentrasi tersebut kembali meningkat pada *clarifier* sebesar 1.455,981 mg/L, seiring dengan penambahan nutrisi pada reaktor aerob untuk mendukung pertumbuhan bakteri dalam proses pengolahan limbah tenun.

Berdasarkan data hari ke-14 penelitian dengan konsentrasi limbah 50% terjadi lonjakan pada bak pengumpul sebesar 4.352,155 mg/L. Peningkatan ini memengaruhi konsentrasi pada seluruh sistem pengolahan yang digunakan. Salah satu penyebab dari kenaikan tersebut adalah penambahan *co-substrate* organik, yaitu gula pasir yang dihitung sebagai COD (Putri, et al. 2014). Kemudian, nilai konsentrasi COD pada *clarifier* mengalami penurunan menjadi 2.129,933 mg/L. Meskipun terjadi penurunan, angka ini masih tergolong tinggi karena mikroorganisme belum sempat mendegradasi dengan nutrisi yang ditambahkan, sehingga nilai konsentrasi COD meningkat (Kolpakova, et al. 2021).

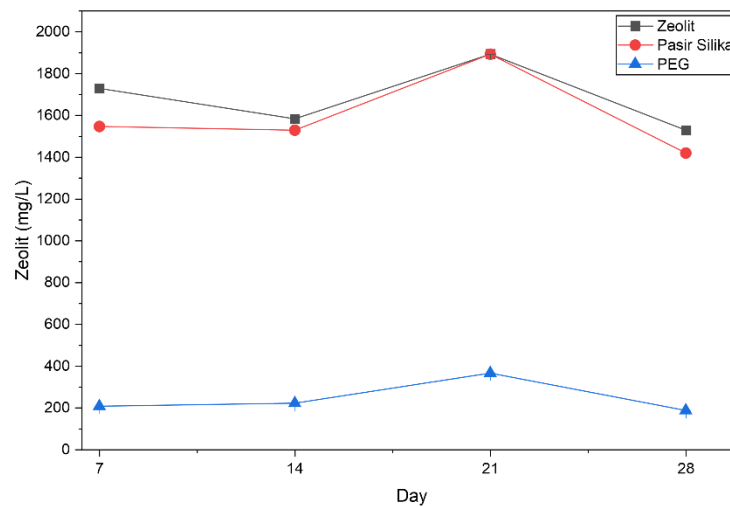
Penelitian pada hari ke-21 dengan konsentrasi limbah 50%, terjadi penurunan kembali sehingga sistem pengolahan biologis juga mengalami penurunan. Konsentrasi bak pengumpul sebesar 2.421,372 mg/L dan sistem pengolahan biologis terakhir, yaitu *clarifier* menurun menjadi 1.619,915 mg/L.

Penelitian pada hari ke-28 dengan konsentrasi limbah 50%, terjadi penurunan dan kenaikan di beberapa sistem pengolahan biologis. Nilai konsentrasi COD pada bak pengumpul sebesar 1.729,205 mg/L. Reaktor anaerob memiliki konsentrasi COD sebesar 1.182,757 mg/L. Lalu, pada *clarifier* mengalami penurunan sebesar 1.455,981 mg/L.

Menurut penelitian oleh (Dewi, et al. 2018) dengan menggunakan reaktor kombinasi anaerob-aerob untuk mengurangi konsentrasi COD pada limbah industri kampung batik Giriloyo. Hasil yang didapatkan dalam penurunan konsentrasi COD cukup tinggi dibandingkan dengan menggunakan salah satu proses saja. Namun, penambahan oksigen tidak terlalu mempengaruhi penurunan konsentrasi COD karena beban organik yang disisihkan oleh mikroorganisme tidak mendegradasi bahan organik secara optimal. Hal tersebut dapat menjadi salah satu faktor adanya kenaikan konsentrasi COD pada unit *clarifier* yang berasal dari proses pengolahan pada reaktor aerob.

4.2.2. Kolom Adsorpsi

Berdasarkan data yang didapatkan pada hari ke-7 penelitian, terlihat angka penurunan yang cukup signifikan. Untuk limbah 50% pada kolom adsorpsi zeolit, pasir silika, dan PEG didapatkan hasil secara berturut-turut sebesar 1.729,205 mg/L, 1.547,055 mg/L, dan 207,529 mg/L. Kemudian pada hari ke-14 penelitian, beberapa adsorpsi mengalami penurunan dan kenaikan. Untuk limbah 50% pada kolom adsorpsi zeolit mengalami penurunan menjadi 1.583,485 mg/L, sedangkan pada kolom adsorpsi pasir silika dan PEG mengalami kenaikan masing-masing sebesar 1.783,849 mg/L dan 222,101 mg/L. Namun pada hari ke-21 penelitian, mengalami peningkatan yang cukup signifikan dimana pada masing-masing kolom adsorpsi, yaitu zeolit, pasir silika, dan PEG mendapatkan hasil sebesar 1.893,139 mg/L, 1.893,139 mg/L, dan 365,999 mg/L. Pada hari ke-28 penelitian, mengalami penurunan untuk media zeolit dan pasir silika, yang mana mendapatkan masing-masing hasil sebesar 1.528,840 mg/L dan 1.419,551 mg/L. Berbanding terbalik dengan media PEG yang mengalami kenaikan nilai konsentrasi sebesar 937,462 mg/L.



Gambar 4. 2 Grafik Hasil Pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada Kolom Adsorpsi

Sumber: hasil olah data, 2025

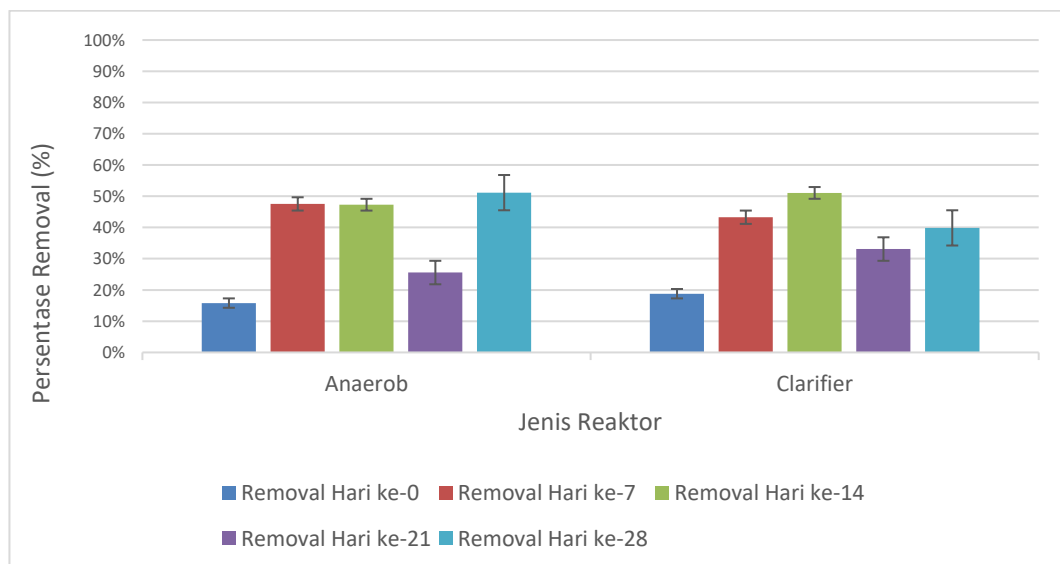
Peningkatan yang terjadi pada kolom adsorpsi zeolit dan pasir silika dapat diakibatkan oleh adsorben yang sudah mencapai titik jenuh, juga diameter media yang masih terbilang sedang ukurannya dapat berpengaruh ke dalam keefektivitasan dalam menyerap kadar COD yang dilakukan oleh adsorben (Pungut, et al. 2021). Perbedaan antara kolom adsorpsi pasir silika dan zeolit dengan kolom adsorpsi PEG berada pada partikelnya. Partikel untuk adsorben PEG sendiri berbentuk butiran halus, sehingga sludge halus yang terbawa oleh aliran air limbah tertumpuk di permukaan adsorben dan menghambat area kontak dengan limbah. Sludge tersebut dapat terdegradasi secara biologis dan melepaskan senyawa organik terlarut yang menaikkan nilai COD (Ji, et al. 2023). Namun, sesuai dengan pernyataan (Pungut, et al. 2021) bahwa adsorben PEG sendiri berbentuk butiran halus dengan ukuran lebih kecil dibandingkan dengan adsorben pasir silika dan zeolit, sehingga dapat tersaring serta menghasilkan warna air pada umumnya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Kurniawati & Sanuddin, 2020) dengan menggunakan media pasir, kerikil, arang aktif, dan zeolit dalam penurunan konsentrasi COD menunjukkan hasil optimum berada pada angka 305,75 mg/L. Dengan pengaruh pori-pori pada karbon aktif dan zeolit yang dapat

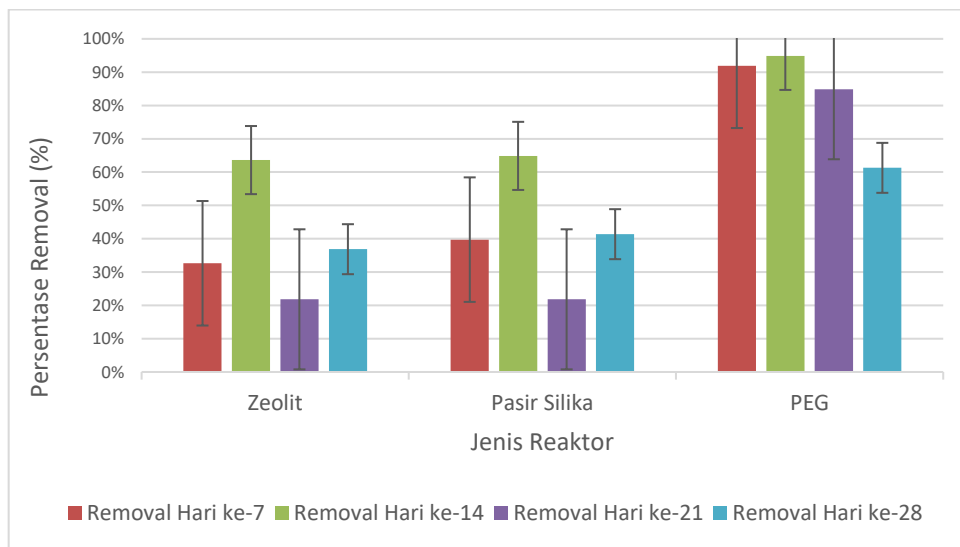
menarik dan menangkap zat pencemar pada limbah cair batik yang digunakan, sehingga konsentrasi COD dapat menurun.

4.3 Persentase *Removal* pada Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Pada penelitian ini dilakukan analisa terkait persentase removal pada parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada setiap reaktor. Persentase removal diperlukan untuk menunjukkan seberapa besar efisiensi sistem pengolahan dalam mengurangi kadar polutan yang berhasil dihilangkan, terutama kadar COD dari awal pengolahan hingga akhir pengolahan, yaitu adsorpsi. Persentase removal dapat dilihat pada Grafik 4.3 dan 4.4



Gambar 4. 3 Grafik Persentase Removal (%) Pengolahan Biologis pada Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)



Gambar 4. 4 Grafik Persentase Removal (%) Pengolahan Adsorpsi pada Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Sumber: hasil olah data, 2025

Dilihat dari masing-masing reaktor memiliki persentase removal yang fluktuatif. Dapat dilihat pada hari ke-0, untuk reaktor anaerob dan clarifier mendapatkan angka sebesar 16% dan 19%. Kemudian pada hari ke-7, untuk reaktor anaerob, clarifier, zeolit, pasir silika, dan PEG mendapatkan angka sebesar 48%, 31%, 33%, 40%, dan 92%. Dilanjutkan pada hari ke-14 penelitian, untuk reaktor anaerob, clarifier, zeolit, pasir silika, dan PEG mendapatkan angka sebesar 47%, 68%, 64%, 59%, dan 95%. Pada hari ke-21 penelitian, untuk reaktor anaerob, clarifier, zeolit, pasir silika, dan PEG didapatkan hasil sebesar 26%, 33%, 22%, 22%, dan 85%. Pada hari ke-28 penelitian, untuk reaktor anaerob, clarifier, zeolit, pasir silika, dan PEG didapatkan hasil sebesar 51%, 40%, 37%, 41%, dan 61%.

Tingkat efisiensi *removal* zat pencemar beragam. Rata-rata pada hari ke-21, persentase removal mengalami penurunan yang cukup drastis. Hal ini dapat disebabkan dari kondisi reaktor yang sudah mengalami kejenuhan dan aktivitas mikroorganisme yang tidak seimbang dari nutrisi yang didapatkan. Menurut (Tchobanoglous, et al. 2014) aktivitas mikroba dan kondisi lingkungan sangat berpengaruh terhadap keseimbangan sistem pengolahan yang bekerja secara kontinyu. Persentase *removal* tidak jauh berbeda karena pada reaktor anaerob terjadi pemecahan padatan organik atau *particulate* COD (pCOD) menjadi senyawa

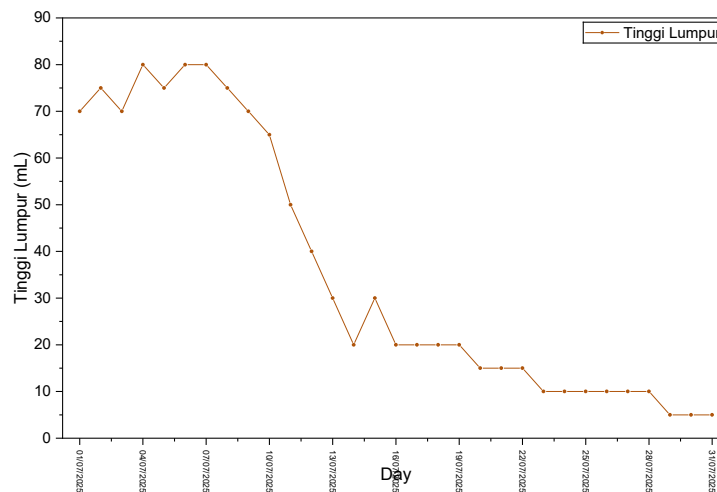
larut sederhana, sehingga berpengaruh dalam performa sistem anaerob yang meningkatkan persentase *removal* COD. Hal tersebut membuat anaerob dapat mendekati performa dari reaktor aerob dalam penghilangan konsentrasi COD, meskipun reaktor aerob tetap lebih baik dibandingkan dengan reaktor anaerob (AlSayed, et al. 2020).

Selain hal itu, pada bagian filtrasi terdapat kejenuhan dari media adsorben yang digunakan. Didukung oleh (Pungut, et al. 2021) beberapa faktor yang dapat menyebabkan persentase *removal* menurun adalah waktu kontak antara media dengan air limbah dan diameter media pun berpengaruh terhadap keefektivitasan penjerapan COD. Penurunan kadar COD ini dikarenakan juga oleh tinggi bahan isian yang digunakan, sehingga kurangnya luas permukaan aktif dari adsorben dan menyebabkan proses penjerapan tidak berlangsung secara efektif kembali.

4.4 Parameter Fisik

4.4.1. *Sludge Volume* 30 (SV30)

Sludge Volume 30 (SV30) merupakan salah satu parameter fisika yang mengukur volume lumpur tersuspensi yang mengendap selama 30 menit dalam gelas ukur 1 liter. SV30 yang tinggi menunjukkan bahwa flok mengendap dengan baik. Laju pengendapan lumpur tersebut dapat dikatakan baik jika menunjukkan hasil dari SV30 pada kisaran angka 400 – 600 mg/L (Fisma & Bhernama, 2020).

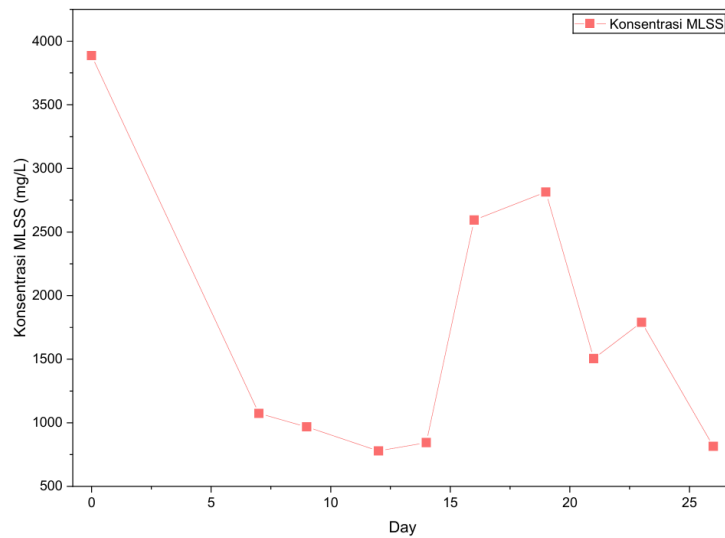


Gambar 4. 5 Grafik Pengukuran SV30 selama Penelitian Limbah Tenun
 Sumber: hasil olah data, 2025

Dilihat dari data yang didapatkan selama penelitian, nilai SV30 menunjukkan hasil yang semakin lama semakin menurun hingga akhir penelitian. Pada awal penelitian, nilai SV30 berada pada rentang nilai 70 – 80 mL/L, menandakan bahwa flok yang terkandung dalam reaktor masih terbentuk dengan baik dan mengendap dengan efektif. Namun, seiring berjalannya penelitian nilai dari SV30 sendiri semakin lama semakin turun hingga mencapai nilai 5 mL dalam 1 liter gelas ukur.

4.4.2. *Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)*

Nilai konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) tidak hanya berpengaruh kepada jumlah zat organik yang terkandung di dalam air limbah, tetapi juga berpengaruh dengan total padatan tersuspensi dengan mengutamakan mikroorganisme yang berada pada reaktor aerobik, yaitu *Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)*. Berikut merupakan nilai MLSS terlihat pada Gambar 4. 5.



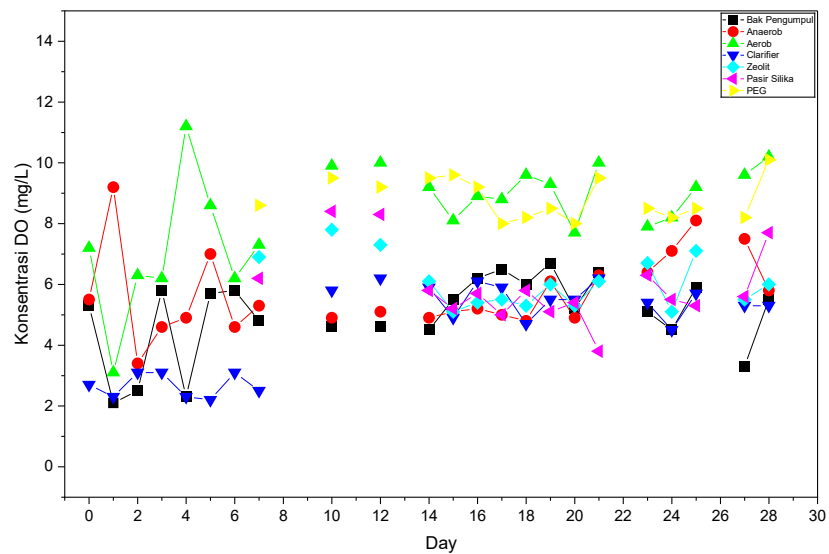
Gambar 4. 6 Grafik Pengukuran *Mixed Liquor Suspended Solids* (MLSS) selama Penelitian Limbah Tenun

Sumber: hasil olah data, 2025

Dilihat pada grafik tersebut, nilai konsentrasi MLSS tersebut mengalami fluktuasi selama dilakukan pengamatan. Pada hari ke-0 hingga hari ke-14 cenderung stabil. Namun, pada hari ke-16 hingga ke-26 menunjukkan fluktuasi MLSS yang sangat mencolok. Dilihat juga pada *sludge* yang diamati selama 30 menit sebelum diuji, menjadi salah satu penyebab ketidakstabilan MLSS. SV30 yang rendah tidak selalu menunjukkan kemampuan pengendapan yang baik, karena kondisi tersebut bisa disebabkan oleh flok yang sudah tua atau pecah menjadi partikel halus sehingga tetap tersuspensi dan mengakibatkan efluen menjadi keruh (Wilén, et al. 2010)

4.4.3. *Dissolved Oxygen*

Dissolved Oxygen (DO) merupakan parameter fisika yang berpengaruh terhadap kualitas air. DO sendiri memiliki nilai konsentrasi terhadap oksigen yang terlarut di dalam air yang berasal dari proses transfer oksigen dari fase awal, yaitu fase gas menjadi fase liquid atau cair (Triputra, et al. 2023).



Gambar 4. 7 Grafik Pengukuran *Dissolved Oxygen* (DO) selama Penelitian Limbah Tenun

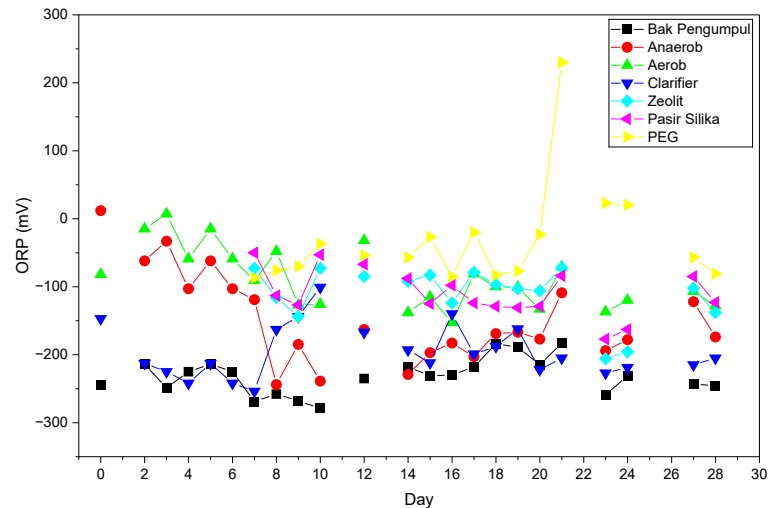
Sumber: hasil olah data, 2025

Dilihat dari grafik yang tersebut bahwa nilai DO berada pada angka 4 – 10 mg/L. Namun, pada hari ke-14, nilai DO menurun dari hari ke-12 dan berada pada rentang angka 5 – 9 mg/L dikarenakan selaras dengan naiknya nilai konsentrasi COD pada masing-masing pengolahan biologis maupun filtrasi. Kemudian, mengalami kenaikan secara perlahan hingga menuju hari ke-21 dengan nilai rentang DO pada hari ke-21 sebesar 6 – 10 mg/L.

4.4.4. *Oxidation-Reduction Potential* (ORP)

Oxidation-Reduction Potential (ORP) adalah salah satu parameter fisika untuk mengukur kemampuan suatu sistem pada saat mengalami reaksi oksidasi-reduksi dengan adanya interaksi antara berbagai zat reduktif dan oksidatif di seluruh pengolahan (Wang, et al. 2022). Nilai ORP rendah menandakan bahwa karakteristik reduktif terkandung di dalam air dan dapat diukur menggunakan alat pengukur ORP dengan satuan *milivolt* (mV). Namun, suatu ORP dengan nilai negatif tidak hanya menunjukkan air terionisasi dan berbentuk air hidrogen, tetapi bisa menjadi *toxic* atau racun

di dalam kandungan air tersebut (Putriwangi, et al. 2024). Hasil dari pengukuran parameter fisik ORP ditunjukkan pada Gambar 4.7



Gambar 4. 8 Grafik Pengukuran *Oxidation-Reduction Potential* (ORP) selama Penelitian Limbah Tenun

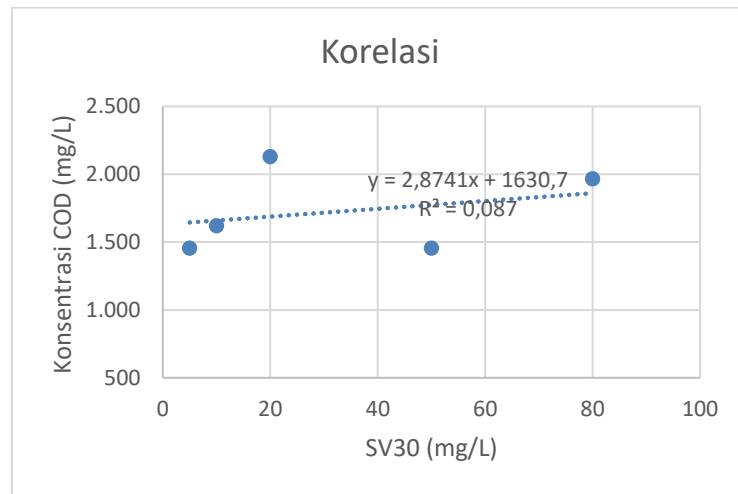
Sumber: hasil olah data, 2025

Dilihat dari grafik tersebut, pada nilai ORP secara keseluruhan selama penelitian menunjukkan angka dengan mayoritas bernilai negatif. Hanya pada kolom adsorpsi, yaitu PEG yang menunjukkan nilai positif. Selama dilakukan pengukuran ini, nilai ORP paling besar angka negatifnya berada pada bak penampung sebesar -279 mV. Untuk nilai dengan angka positif hanya berada pada PEG dengan nilai ORP sebesar 230 mV.

4.5 Korelasi Antara Parameter Fisik dengan *Chemical Oxygen Demand* (COD)

4.5.1. *Sludge Volume* 30 (SV30)

Menurut (Bye & Dold, 2010), nilai SV30 yang sangat rendah dapat menunjukkan bahwa kondisi sludge dalam keadaan tua dan dapat menurunkan aktivitas biologis mikroorganisme. Hal tersebut akan berdampak kepada persentase removal pada parameter COD yang menurun.

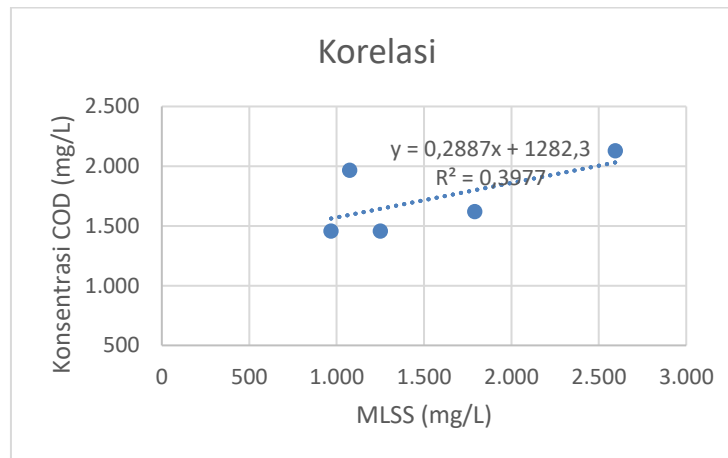


Gambar 4. 9 Grafik Korelasi Konsentrasi COD dengan SV30

Grafik tersebut menjelaskan bahwa korelasi antara SV30 dengan konsentrasi COD sangat lemah. Hal ini terjadi karena lumpur yang mengendap selama 30 menit menghasilkan lumpur yang sudah tidak aktif dan dapat disebabkan karena pencampuran limbah yang belum homogen. Kualitas yang dimiliki oleh sludge tersebut selaras dengan peningkatan nilai konsentrasi COD karena tidak terjadi aktivitas mikroorganisme pengurai zat organik dan tidak efektif dalam penurunan nilai konsentrasi COD (L.Zhiong, 2008).

4.5.2. *Mixed Liquor Suspended Solids (MLSS)*

Semakin tinggi nilai MLSS, semakin baik tingkat penghilangan konsentrasi COD-nya. Menurut (Dewanti, 2018) bahwa variasi MLSS sendiri dapat mempengaruhi efisiensi dari COD, dengan kondisi antara COD dan MLSS yang seimbang maka efisiensi yang didapatkan akan bernilai baik.

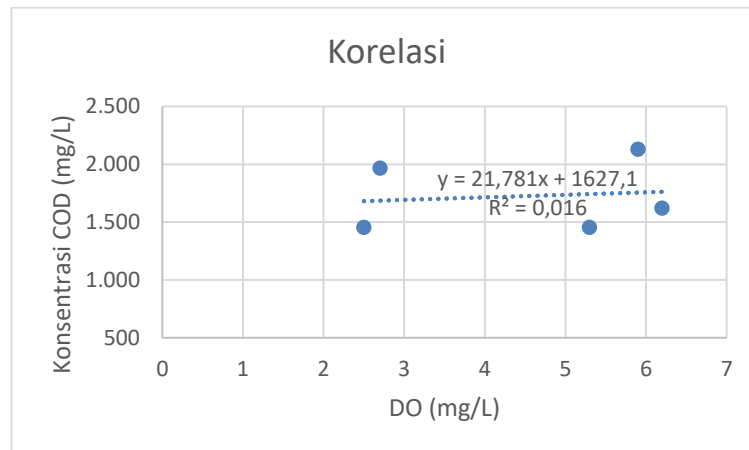


Gambar 4. 10 Grafik Korelasi Konsentrasi COD dengan MLSS

Pada grafik tersebut, korelasi antara MLSS dengan konsentrasi COD menunjukkan hasil yang cukup lemah. Hal tersebut dipengaruhi dengan besarnya nilai MLSS yang didapatkan terhadap konsentrasi nilai COD. Nilai MLSS yang didapatkan cenderung rendah yang membuat konsentrasi pada nilai COD meningkat. Dikemukakan oleh (Cha, et al. 2021) bahwa stabilitas MLSS dalam jangka panjang sangat diperlukan dalam menjaga stuktur *sludge* agar degradasi dengan konsentasi COD tetap optimal. Maka dari itu, fluktuasi yang dihasilkan dari konsentration MLSS akan berpengaruh dengan ketidakstabilan efisiensi removal pada parameter COD.

4.5.3. *Dissolved Oxygen*

Keterkaitan antara DO dengan *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah semakin besar nilai DO yang dihasilkan, maka nilai COD yang dihasilkan akan semakin kecil, begitupun sebaliknya. Karena jika nilai COD meningkat, maka akan berdampak pada penurunan oksigen terlarut yang disebabkan oleh mikroorganisme di dalam air (Fadzry, et al. 2020).

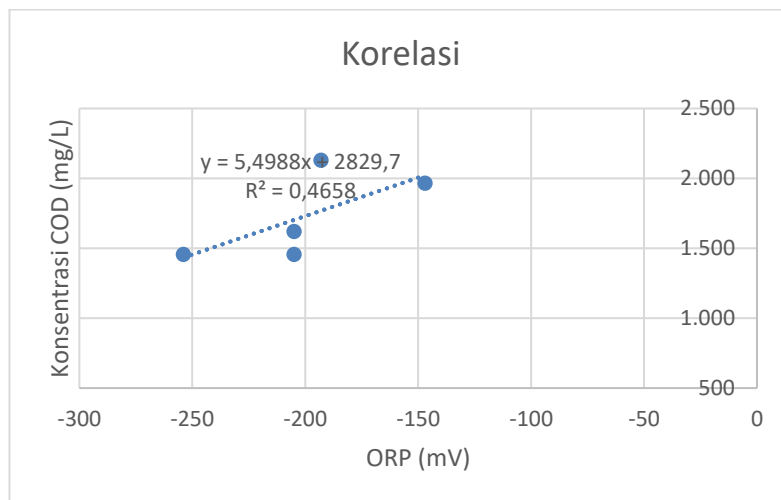


Gambar 4. 11 Grafik Korelasi Konsentrasi COD dengan DO

Dilihat pada grafik di atas, korelasi antara DO dan COD sangat lemah. Hal ini dapat terjadi karena aktivitas mikroorganisme yang tidak optimal, terlihat adanya hubungan negatif yang signifikan antara kedua parameter kualitas air tersebut. Dimana nilai DO tergolong rendah yang menyebabkan nilai konsentrasi COD terjadi peningkatan. Hal tersebut dapat disebabkan oleh aktivitas mikroorganisme yang kurang optimal dan senyawa resisten yang tidak mudah terdegradasi secara biologis (Gebrati, et al. 2018).

4.5.4. *Oxidation-Reduction Potential (ORP)*

Oxidation-Reduction Potential (ORP) mengukur kemampuan suatu larutan untuk mengoksidasi atau mereduksi zat-zat lain. Pada saat keadaan ORP menunjukkan nilai positif, maka kondisi air dikatakan bersih dan memiliki kondisi yang kaya oksigen (oksidatif), begitupun sebaliknya. Studi yang dilakukan oleh (Wang, et al. 2022) bahwa ORP berkorelasi dengan *Chemical Oxygen Demand (COD)*. Pada saat nilai ORP menunjukkan nilai positif, maka konsentrasi COD akan bernilai rendah.



Gambar 4. 12 Grafik Korelasi Konsentrasi COD dengan ORP

Hasil dari grafik tersebut menunjukkan bahwa nilai ORP menunjukkan hasil negatif, dimana nilai dari konsentrasi COD juga menurun. Hal tersebut dikarenakan mikroorganisme yang berada pada lingkungan reaktor bisa mengurai zat pencemar, dan menyebabkan nilai konsentrasi dari COD mengalami penurunan (Bidu, et al. 2023).

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa air limbah tenun memiliki konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) yang sangat tinggi dan setiap kinerja sistem pengolahan secara biologis maupun filtrasi memiliki tingkat efisiensi yang berbeda-beda.

1. Hasil penelitian menggunakan sistem pengolahan limbah tenun terdiri dari kombinasi mikrobiologi (reaktor anaerob-aerob dan clarifier) serta filtrasi (zeolit, pasir silika, dan PEG) terhadap nilai konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dapat menurunkan kadar COD yang berada di dalam air limbah tenun. Dengan nilai efisiensi removal untuk konsentrasi COD terbesar berada pada kolom adsorpsi PEG, yaitu sebesar 95% pada hari ke-14 penelitian.
2. Hasil penelitian yang didapatkan menunjukkan penurunan konsentrasi COD yang signifikan setelah melalui sistem pengolahan secara biologis maupun filtrasi. Dengan performa terbaik berada pada hari ke-14 penelitian dalam penurunan COD berturut-turut: anaerob 47%, *clarifier* 23%, zeolit 68%, pasir silika 64%, dan PEG 95%. Meski pada hari ke-21 mengalami penurunan efisiensi di beberapa unit, tetapi hasil akhir menunjukkan adanya perbaikan dari kualitas air limbah yang digunakan. Sehingga, sudah lebih baik walaupun belum mendekati syarat baku mutu, yaitu Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, terdapat beberapa saran untuk melakukan penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut.

1. Perlu dilakukannya pengolahan air limbah tenun lebih lanjut dalam penurunan nilai konsentrasi COD agar nilai konsentrasi tersebut dapat memenuhi baku mutu air limbah yang telah ditetapkan pada Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 Tentang Perubahan Kedua Atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
2. Penggunaan sistem pengolahan biologis yang lebih maksimal dan efektif dibandingkan sistem biologis menggunakan anaerob-aerob dan *clarifier* dalam menurunkan nilai konsentrasi COD dan sesuai dengan baku mutu yang ditetapkan.
3. Penggunaan adsorben yang lebih efektif dalam penurunan nilai konsentrasi COD dibandingkan adsorben yang digunakan, yaitu zeolit, pasir silika, dan PEG. Sehingga dapat memenuhi nilai konsentrasi COD yang sesuai dengan baku mutu yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, A., et al. (2007). Combined Anaerobic-Aerobic System For Treatment Of Textile Wastewater. *Journal of Engineering Science and Technology*, Volume 2, No. 1. Malaysia.
- Adi, B. W. (2021). Penyisihan Zat Organik Pada Air Limbah Industri Batik Dengan Fotokatalisis TiO₂. *Teknik Lingkungan FTSP-ITS*. Surabaya.
- Alsayed, A., et al. (2020). *Anaerobic-Based Water Resources Recovery Facilities: A Review*. *Energies* 2020, 13, 3662. Toronto.
- Asiandu, A.P. (2020). Biodegradasi Limbah Organik Oleh Mikroorganisme. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Bidu, J. M., et al. (2023). *Textile wastewater treatment in anaerobic reactor: Influence of domestic wastewater as co-substrate in color and COD removal*. *South African Journal of Chemical Engineering* 43. Tanzania.
- Bye, C. M., & Dold, P. L. (2010). *Sludge Volume Index Settleability Measures: Effect of Solids Characteristics and Test Parameters*. *Water Environment Research*, Vol. 70, No. 1.
- Cha, L., et al. (2021). *Fluctuation and Re-Establishment of Aerobic Granules Properties during the Long-Term Operation Period with Low-Strength and Low C/N Ratio Wastewater*. *Processes* 2021, 9, 1290.
- Chen, J., et al. (2020). *Pretreatments for enhancing sewage sludge reduction and reuse in lipid production*. *Biotechnology for Biofuels*. 13:204. China.
- Dewanti, B. S. D. (2014). *The Influence of Various Concentrations of MLSS and COD on the Performance of the MBR to Eliminate the Organic Materials and Nitrogen*. *Agroindustrial Journal*, Vol. 3, Issue 2. Malang.
- Dewi, R. T. Y., et al. (2019). Penurunan Kadar BOD, COD, TSS, dan Warna Limbah Industri Kampung Batik Giriloyo Menggunakan Reaktor Kombinasi Anaerob-Aerob. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Dwicania, E. (2019). Biodegradasi Limbah Plastik Oleh Mikroorganisme. Universitas Trisakti. Jakarta.

- Fadzry, N., et al. (2020). Analisis COD, BOD dan DO pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Balai Pengelolaan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Dinas PUP-ESDM Yogyakarta. *IJCR-Indonesian Journal of Chemical Research*, Volume 5, Nomor 2. Yogyakarta.
- Fahmi, S., et al. (2024). Penggunaan Algoritma Genetika Untuk Optimasi Pengolahan Limbah di Industri Tekstil. *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Matematika dan Sains*, Volume. 1 No. 1. Makassar.
- Fajri, A.J., et al. (2024). *Effectiveness of Endophytes Bacteria in Enhancing Floating Treatment Wetland to Treat Textile Wastewater*. *Journal of Ecological Engineering*, 25(3), 12–24.
- Fathurahman, D. (2024). Efektivitas Konsorsium Bakteri *Bacillus Cereus*, *Bacillus Spizizenii*, dan *Stenotrophomonas Malthophilia* Terhadap Performa Wetland Mendegradasi Amonia (NH₃) Pada Air Limbah Tenun. *Universitas Islam Indonesia*. Yogyakarta.
- Firmasyah, I. (2023). Efisiensi Penyisihan Kandungan Warna Dan Cod Pada Air Limbah Industri Tekstil Dengan Penggunaan Dicyandiamide-Formaldehyde Polymer. *Jurnal Ilmiah Sain dan Teknologi*. 1(1): 122–133.
- Fisma, I.Y., & Bhernama, B. G. (2020). Analisis air limbah yang masuk pada Waste Water Treatment Plant (WWTP). *AMINA* 2(2). Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
- Fitriyani, R. (2020). Karakteristik Limbah Domestik di Lingkungan Mess Karyawan Pertambangan Batubara. *Universitas PGRI Palembang*. Palembang.
- Gala, K. A., et al. (2022). Bioremediasi Limbah Cair Batik di Yogyakarta Menggunakan Bahan Alami Yang Diintegrasikan dengan *Saccharomyces Cerevisiae*. *Kumpulan Karya Tulis Ilmiah Tingkat Nasional 2022*. Surabaya.
- Gebrati, L., et al. (2019). *Inhibiting effect of textile wastewater on the activity of sludge from the biological treatment process of the activated sludge plant*. *Saudi Journal of Biological Sciences* 26. Morocco.

- Hakim, L., et al. (2025). *Integrating ammonium-based polymer with phytoremediation for phosphate and chemical oxygen demand reduction in palm oil mill effluent. Journal of Ecological Engineering*, 26 (1). Indonesia.
- Hari, B.P. (2012). Pengolahan Limbah Cair Tekstil Menggunakan Elektrokoagulasi dengan Sel Al-Al. *Jurnal Teknik*, Volume XI, No. 1.
- Hariyani, N. & Sarto, S. (2018). Evaluasi Penggunaan Biofilter Anaerob-Aerob Untuk Meningkatkan Kualitas Air Limbah Rumah Sakit. *BKM Journal of Community Medicine and Public Health*, Volume 34, Nomor 5. Yogyakarta.
- Hidayati, S. S. (2017). Studi Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (Ipal) Pabrik Tahu Fit Malang Dengan Digester Anaerobik dan Biofilter Anaerobik – Aerobik. *Universitas Brawijaya*. Malang.
- Hizbul, et al. (2018). Eksplorasi Bahan Alam Sebagai Inovasi Sains Untuk Kemajuan Indonesia. ISBN: 978-602-73435-3-5. Bandung.
- Indrayani, L. & Rahmah, N. (2018). Nilai Parameter Kadar Pencemar sebagai Penentu Tingkat Efektivitas Tahapan Pengolahan Limbah Cair Industri Batik. *Jurnal Rekayasa Proses*, Vol. 12, No. 1. Yogyakarta.
- Irawati, U., et al. (2011). Pengolahan Limbah Cair Sasirangan Menggunakan Filter Arang Aktif Cangkang Kelapa Sawit Berlapiskan Kitosan Setelah Koagulasi dengan FeSO_4 . *Sains dan Terapan Kimia*, Vol. 5, No. 1. Banjarbaru.
- Kevino, H. (2016). Pengolahan Limbah Tekstil dengan Teknologi Membran. *Institut Teknologi Bandung*. Bandung.
- Khabibi, et al. (2014). Pengaruh Penambahan Polietilen Glikol (PEG) pada Selulosa dalam Serbuk Tongkol Jagung (*Zea Mays*) terhadap Adsorpsi Ion Logam Timbal (Pb^{2+}). *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* 17 (1) : 1-5. Semarang.
- Kurniawati, E. & Sanuddin, M. (2020). Metode Filtrasi dan Adsorpsi dengan Variasi Lama Kontak Dalam Pengolahan Limbah Cair Batik. *Riset Informasi Kesehatan*, Vol. 9, No. 2. Jambi.
- L. Zhidong, et al. (2009). *Study on Anaerobic/Aerobic Membrane Bioreactor Treatment for Domestic Wastewater. Polish J. of Environ. Stud.* Vol. 18, No. 5. China.

- Melati, I. (2020). Teknik Bioremediasi: Keuntungan, Keterbatasan dan Prospek Riset. *Prosiding Seminar Nasional Biotik 2020*. ISBN: 978-602-70648-2-9.
- Nugraini, B., et al. (2022). *Magic Moringa Seed Powder* Sebagai Upaya Penjernihan Air Limbah Sungai Troso Jepara dengan Metode Perendaman Serbuk Biji Kelomagic Moringa Seed Powder Sebagai Upaya Penjernihan Air Limbah Sungai Troso Jepara dengan Metode Perendaman Serbuk Biji Kelor. *Kumpulan Karya Tulis Ilmiah Tingkat Nasional 2022*. Surabaya.
- Nuha, A. U., et al. (2016). Toksikitas Letal Akut Limbah Cair Tenun Troso Terhadap Ikan Mas (*Cyprinus carpio L.*). *Life Science 5 (1)*. Semarang.
- Nursulistyarini, F. & Ainy, E. Q. (2014). Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Endofit Penghasil Antibakteri Dari Daun Tanaman Binahong (*Anredera cordifolia (Ten.) Steenis*). *UIN Sunan Kalijaga*. Yogyakarta.
- Praptiwi, R. E. (2017). Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah dan Sistem Daur Ulang Air Hotel Budget di Kota Surabaya. *Institut Teknologi Sepuluh Nopember*. Surabaya.
- Pungut, et al. (2021). Penurunan Kadar Chemical Oxygen Demand (COD) dan Fosfat Pada Limbah Laundry Dengan Metode Adsorpsi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, Volume 13, Nomor 2. Surabaya.
- Putri, L. R., et al. (2014). Pengaruh Penambahan Glukosa Sebagai *Co-substrate* dalam Pengolahan Air Limbah Minyak Solar Menggunakan Sistem *High Rate Alga Reactor* (HRAR). *Jurnal Teknik Pomits*, Volume 3, Nomor 2. Surabaya.
- Putriwangi, A. S., et al. (2024). Analisis Oxidation Reduction Potential (ORP) dan Kadar Alkohol dalam Wortel (*Daucus Carota L*) dan Tinjaunnya Menurut Pandangan Islam. *Junior Medical Journal*, Volume 2, No. 8. Jakarta.
- Rahminda, S. A., et al. (2023). Reaktor Kombinasi Filtrasi dan Biofilter Dengan Menggunakan Media Botol Plastik. *Jurnal Teknologi Lingkungan Lahan Basah*, Volume 11, Nomor 3. Tanjungpura.
- Ramayanti, D. & Amna, U. (2019). Analisis Parameter COD (*Chemical Oxygen Demand*) dan pH (*Potential Hydrogen*) Limbah Cair di PT. Pupuk Iskandar

- Muda (PT. PIM) Lhokseumawe. *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, Volume 1, Nomor 1. Aceh.
- Rielsa. (2023). Pemanfaatan Limbah Sumpit Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Kadmium (Cd) Pada Limbah Cair Dengan Metode Kontinu. *Universitas Islam Indonesia*. Yogyakarta.
- Rihi, A. A. (2022). Adsorpsi Zat Warna Tekstil Remazol Blue Menggunakan Arang Dari Ampas Kopi Pada Variasi Suhu Aktivasi. *Universitas Pendidikan Ganesha*. Singaraja.
- Rochim, M. R. N. & Rosiariawari, F. (2023). Analisa Instalasi Pengolahan Air Terhadap Pemakaian Tawas dan Kualitas Air Produksi. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, Volume 2, Nomor 3. Surabaya.
- Rochma, N. & Titah, H. S. (2017). Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Karbon Aktif Melalui Proses Adsorpsi Secara Batch. *Jurnal Teknik ITS*, Volume 6, Nomor 2. Surabaya.
- Rohayati, Z., et al. (2017). Pengolahan Limbah Industri Tekstil Berbasis *Green Technology* Menggunakan Metode Gabungan Elektrodegradasi dan Elektrokolorisasi dalam Satu Sel Elektrolisis. *Chimica et Natura Acta Vol. 5 No. 2*. Yogyakarta.
- Said, M. I. (2000). Teknologi Pengolahan Air Limbah dengan Proses Biofilm Tercelup. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Vol.1, No. 2.
- Sameeullah, et al. (2022). Design Of Lamella Separator For Enhanced Pollution Removal From NED University Wastewater. *QUEST RESEARCH JOURNAL*, Volume 20, No. 02. Pakistan.
- Sastrawidana, I. D. K., et al. (2012). Pengolahan Limbah Tekstil Sistem Kombinasi Anaerobik-aerobik Menggunakan Biofilm Bakteri Konsorsium Dari Lumpur Limbah Tekstil. *ECOTROPHIC* 3 (2) : 55-60. Yogyakarta.
- Singga S. & Dukabain, O. M. (2019). Kombinasi Metode Anaerob dan Aerob Pada Septiktank Untuk Menurunkan Kadar BOD, TSS dan Coliform Pada Limbah Cair Rumah Tangga. *Oehonis : The Journal of Environmental Health Research*, Volume 3, No. 1. Kupang.
- Sitanggang, P. Y. (2017). Pengolahan Limbah Tekstil dan Batik Di Indonesia.

- Solis, M. L. M., et al. (2015). *The Effect of the Hydraulic Retention Time on the Performance of an Ecological Wastewater Treatment System: An Anaerobic Filter with a Constructed Wetland*. *Water*, 7, 1149-1163. Mexico.
- Tchobanoglous, G., et al. (2014). *Wastewater Engineering Treatment and Resource Recovery. Fifth Edition Book*. United States.
- Triputra, Z., et al. (2023). Studi Numerik Transfer Oksigen Terlarut (*Dissolved Oxygen*) Pada Kolam Budidaya Udang Vaname Marine Science Techno Park – Undip. *Jurnal Teknik Mesin S-1*, Vol. 11, No. 3. Semarang.
- Wang, X., et al. (2022). *Characterization of Oxidation-Reduction Potential Variations in Biological Wastewater Treatment Processes: A Study from Mechanism to Application*. *Processes* 2022, 10, 2607.
- Wilén, B. M., et al. (2010). *Dynamics in Flocculation and Settling Properties Studied at a Full-Scale Activated Sludge Plant*. *Water Environment Research*, Volume 82, Number 2.
- Yandila, S., et al. (2018). Kolonisasi Bakteri Endofit Pada Akar Tumbuhan Andaleh (*Morus macroura* Miq.). *Bio-site*. Vol. 04 No. 2. Padang.
- Yassar, M.N. (2024). Efektivitas Konsorsium Bakteri *Bacillus cereus*, *Bacillus spizizeni*, dan *Stenotrophomonas maltophilia* Terhadap Performa Wetland dalam Mereduksi COD pada Air Limbah Tenun. *Universitas Islam Indonesia*. Yogyakarta.
- Ydranautics. (2013). *Technical Service Bulletin*. TSB406.02.
- Yoshi, L.A., et al. (2020). Upaya Penurunan Nilai COD pada Limbah Tekstil dan Batik dengan Penambahan NaOCl. *Jurnal Teknik Lingkungan* Vol.6 No.1. Tangerang Selatan.
- Yuniarti, B. I. & Widayatno, T. (2021). Analisa Perubahan BOD, COD, dan TSS Limbah Cair Industri Tekstil Menggunakan Metode Elektrooksidasi elektrokagulasi Elektroda Fe-C dengan Sistem Semi Kontinyu. *Rekayasa Hijau: Jurnal Teknologi Ramah Lingkungan*, Volume 5, Nomor 3. Surakarta.

- Yuniarti, D. P., et al. (2019). Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit di PTPN VII Secara Aerobik. *Universitas PGRI Palembang*, Volume 4, Nomor 2. Palembang.
- Zulfania, F., et al. (2022). Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Zn Dengan Menggunakan Adsorben Kulit Jagung (*Zea Mays*). *Jurnal Chemurgy*, Volume 6, No. 2. Samarinda.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Dokumen Pembuatan Reaktor



Gambar Lampiran 1. 1 Pembuatan Reaktor Anaerob-Aerob



Gambar Lampiran 1. 2 Rancangan Reaktor Anaerob-Aerob dan *Clarifier*



Gambar Lampiran 1. 3 Kolom Filtrasi

Lampiran 2 Aklimatisasi Reaktor



Gambar Lampiran 2. 1 Aklimatisasi Reaktor Dengan Limbah

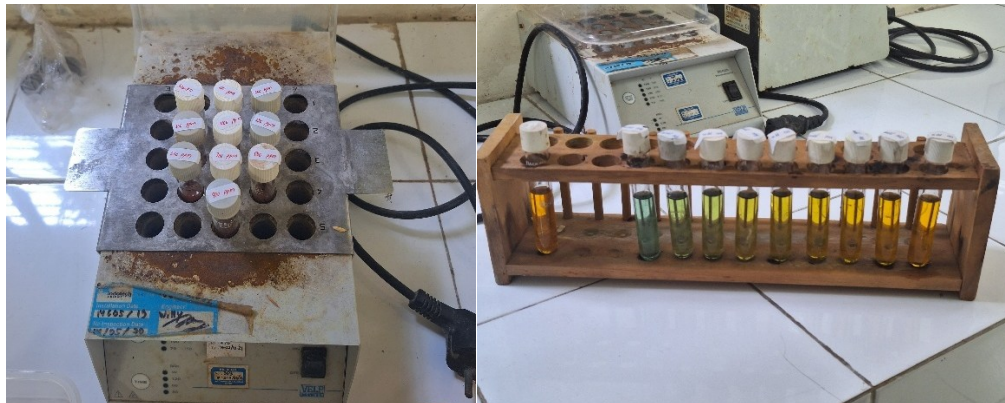


Gambar Lampiran 1. 4 Limbah Masuk ke dalam Kolom Filtrasi

Lampiran 3 Dokumentasi Pengujian *Chemical Oxygen Demand* (COD)



Gambar Lampiran 3. 1 Pembuatan Larutan



Gambar Lampiran 3. 2 Pemanasan Larutan Standar Kalibrasi



Gambar Lampiran 3. 3 Pemanasan Larutan Sampel Limbah Tenun

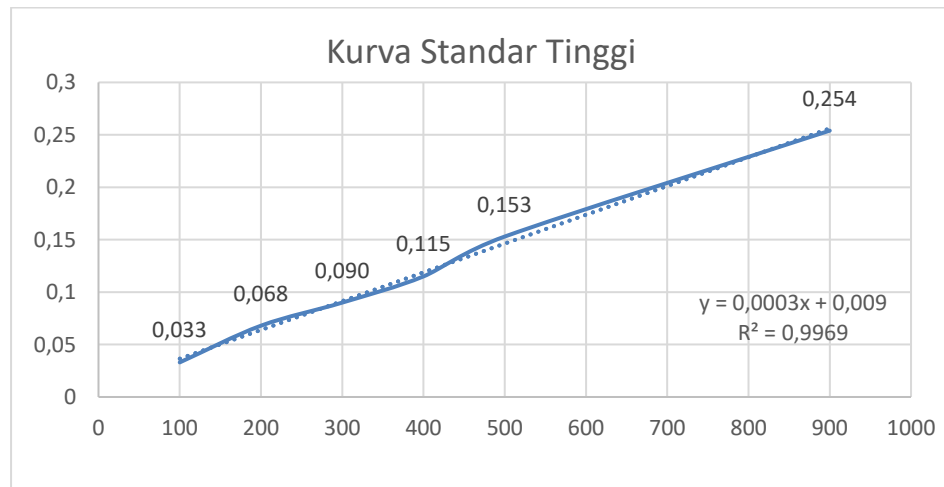
Lampiran 4 Hasil Perhitungan Parameter Limbah Cair Tenun

4.1. Pembacaan Kurva Kalibrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Acuan dalam pembuatan standar kurva kalibrasi ini adalah SNI 6989.2:2019 Uji Kebutuhan Oksigen Kimiawi (*Chemical Oxygen Demand*/COD) dengan Refluks Tertutup secara Spektrofotometri UV-Vis. Kurva kalibrasi dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Larutan Standar *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Kurva Standar Tinggi					
Standar	COD (mg/L)	Absorbansi (Y)	Absorbansi Terkoreksi (Z)	XY	X ²
Blanko	0	0,025	0	0	0
Standar 1	100	0,058	0,033	5,8	10000
Standar 2	200	0,093	0,068	18,6	40000
Standar 3	300	0,115	0,090	34,5	90000
Standar 4	400	0,140	0,115	56	160000
Standar 5	500	0,178	0,153	89	250000
Standar 9	900	0,279	0,254	251,1	810000
Total	2400	0,888	0,863	455	1360000



Gambar Lampiran 4. 1 Kurva Kalibrasi Standar *Chemical Oxygen Demand* (COD)

4.2. Hasil Perhitungan Konsentrasi & Persentase Removal *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Tabel 4.2 Konsentrasi & Persentase Removal *Chemical Oxygen Demand* (COD) Hari ke-0

Hari ke-0 (8 Juli 2025)								Removal Hari ke-0
Sampel	Duplo	Absorbansi (A)	C (mg/L)	f	Kadar COD (mg/L)	SE	AVG	
Bak Penampung	1	0,076	243,9587	10	2439,587	0,0005	2421,372	
	2	0,075	240,3157		2403,157			
Anaerob	1	0,073	233,0298	10	2330,298	0,008	2038,859	16%
	2	0,057	174,7420		1747,420			
Clarifier	1	0,05	149,2410	10	1492,410	0,013	1965,999	19%
	2	0,076	243,9587		2439,587			

Tabel 4.3 Konsentrasi & Persentase Removal *Chemical Oxygen Demand*
(COD) Hari ke-7

Hari ke-7 (11 Juli 2025)								Removal Hari ke-7
Sampel	Duplo	Absorbansi (A)	C (mg/L)	f	Kadar COD (mg/L)	SE	AVG	
Bak Penampung	1	0,093	305,8895	10	3.058,895	0,0135	2.567,092	
	2	0,066	207,5288		2.075,288			
Anaerob	1	0,046	134,6691	10	1.346,691	0	1.346,691	48%
	2	0,046	134,6691		1.346,691			
Clarifier	1	0,063	196,5999	10	1.965,999	0,014	1.455,981	43%
	2	0,035	94,5962		945,962			
Zeolit	1	0,036	98,2392	10	982,392	0,0205	1.729,205	33%
	2	0,077	247,6017		2.476,017			
Pasir Silika	1	0,038	105,5252	10	1.055,252	0,0135	1.547,055	40%
	2	0,065	203,8859		2.038,859			
PEG	1	0,069	218,4578	1	218,458	0,003	207,529	92%
	2	0,063	196,5999		196,600			

Tabel 4.4 Konsentrasi & Persentase Removal *Chemical Oxygen Demand*
(COD) Hari ke-14

Hari ke-14 (17 Juli 2025)								Removal Hari ke-14
Sampel	Duplo	Absorbansi (A)	C (mg/L)	f	Kadar COD (mg/L)	SE	AVG	
Bak Penampung	1	0,129	437,0370	10	4.370,370	0,0005	4.352,155	
	2	0,128	433,3940		4.333,940			
Anaerob	1	0,073	233,0298	10	2.330,298	0,001	2.293,868	47%
	2	0,071	225,7438		2.257,438			
Clarifier	1	0,087	284,0316	10	2.840,316	0,0195	2.129,933	51%
	2	0,048	141,9551		1.419,551			
Zeolit	1	0,052	156,5270	10	1.565,270	0,0005	1.583,485	64%
	2	0,053	160,1700		1.601,700			
Pasir Silika	1	0,051	152,8840	10	1.528,840	0	1.528,840	65%
	2	0,051	152,8840		1.528,840			
PEG	1	0,079	254,8877	1	254,888	0,009	222,101	95%
	2	0,061	189,3139		189,314			

Tabel 4.5 Konsentrasi & Persentase Removal *Chemical Oxygen Demand*
(COD) Hari ke-21

Hari ke-21 (24 Juli 2025)								Removal Hari ke-21
Sampel	Duplo	Absorbansi (A)	C (mg/L)	f	Kadar COD (mg/L)	SE	AVG	
Bak Penampung	1	0,086	280,3886	10	2.803,886	0,0105	2.421,372	
	2	0,065	203,8859		2.038,859			
Anaerob	1	0,056	171,0990	10	1.710,990	0,0025	1.802,064	26%
	2	0,061	189,3139		1.893,139			
Clarifier	1	0,055	167,4560	10	1.674,560	0,0015	1.619,915	33%
	2	0,052	156,5270		1.565,270			
Zeolit	1	0,06	185,6709	10	1.856,709	0,001	1.893,139	22%
	2	0,062	192,9569		1.929,569			
Pasir Silika	1	0,061	189,3139	10	1.893,139	0	1.893,139	22%
	2	0,061	189,3139		1.893,139			
PEG	1	0,113	378,7492	1	378,749	0,0035	365,999	85%
	2	0,106	353,2483		353,248			

Tabel 4.5 Konsentrasi & Persentase Removal *Chemical Oxygen Demand*
(COD) Hari ke-28

Hari ke-28 (1 Agustus 2025)								Removal Hari ke-28
Sampel	Duplo	Absorbansi (A)	C (mg/L)	f	Kadar COD (mg/L)	SE	AVG	
Bak Penampung	1	0,057	174,7420	10	1.747,420	0,0005	1.729,205	
	2	0,056	171,0990		1.710,990			
Anaerob	1	0,041	116,4542	10	1.164,542	0,0005	1.182,757	51%
	2	0,042	120,0971		1.200,971			
Clarifier	1	0,05	149,2410	10	1.492,410	0,001	1.455,981	40%
	2	0,048	141,9551		1.419,551			
Zeolit	1	0,057	174,7420	10	1.747,420	0,006	1.528,840	37%
	2	0,045	131,0261		1.310,261			
Pasir Silika	1	0,049	145,5981	10	1.455,981	0,001	1.419,551	41%
	2	0,047	138,3121		1.383,121			
PEG	1	0,06	185,6709	5	928,355	0,0005	937,462	61%
	2	0,061	189,3139		946,570			

Lampiran 5 Dokumen Peraturan Pendukung

SNI 6989.2:2019	
<p>Air dan air limbah – Bagian 2: Cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (<i>chemical oxygen demand</i>/COD) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri</p> <p>1 Ruang lingkup</p> <p>Metode ini digunakan untuk pengujian kebutuhan oksigen kimiawi (<i>chemical oxygen demand</i>/COD) dalam air dan air limbah menggunakan oksidator $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ dengan refluks tertutup dan diukur secara spektrofotometri. Pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 600 nm jika kisaran nilai COD 100 mg/l sampai dengan 900 mg/l dan pengukuran dilakukan pada panjang gelombang 420 nm jika nilai COD lebih kecil atau sama dengan 90 mg/l.</p> <p>Metode ini digunakan untuk contoh uji dengan kadar klorida kurang dari 2.000 mg/l.</p> <p>2 Istilah dan definisi</p> <p>2.1 air bebas organik air hasil destilasi atau diolah dengan cara tertentu sehingga tidak mengandung senyawa organik</p> <p>2.2 chemical oxygen demand (COD) jumlah oksidan $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ yang bereaksi dengan contoh uji dan dinyatakan sebagai mg O_2 untuk tiap 1.000 ml contoh uji</p> <p>2.3 kurva kalibrasi kurva yang menyatakan hubungan kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan absorbansi yang merupakan garis lurus</p> <p>2.4 larutan baku larutan induk yang diencerkan dengan air bebas organik, sampai kadar tertentu</p> <p>2.5 larutan blanko air bebas organik yang diperlakukan seperti contoh uji</p> <p>2.6 larutan induk larutan baku kimia yang dibuat dengan kadar tinggi dan akan digunakan untuk membuat larutan baku dengan kadar yang lebih rendah</p> <p>2.7 larutan kerja larutan baku yang diencerkan dengan air bebas organik, digunakan untuk membuat kurva kalibrasi</p> <p>3 Kesehatan dan keselamatan kerja</p> <ol style="list-style-type: none"> Penggunaan alat pelindung diri (APD) disesuaikan dengan ruang lingkup pekerjaan. penanganan bahan kimia secara aman mengacu kepada lembar data keselamatan bahan (<i>Safety Data Sheet</i>/SDS). 	<p>4 Cara uji</p> <p>4.1 Prinsip</p> <p>Senyawa organik dan anorganik dalam 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 ekuivalen oksigen (O_2 mg/l) diukur secara spektrofotometri sinar tampak. Ion Cr^{6+} kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 420 nm dan ion Cr^{3+} kuat mengabsorpsi pada panjang gelombang 600 nm.</p> <p>Contoh uji yang mempunyai nilai COD 100 mg/l sampai dengan 900 mg/l, pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang 600 nm. Untuk nilai COD lebih kecil atau sama dengan 90 mg/l pengukuran absorbansi dilakukan pada panjang gelombang 420 nm. Sedangkan pada contoh uji dengan nilai COD yang lebih tinggi dari 900 mg/l, dilakukan pengenceran terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian.</p> <p>4.2 Bahan</p> <ol style="list-style-type: none"> Air bebas organik <i>Digestion solution</i> untuk contoh uji dengan nilai COD tinggi <p>Larutkan 10,216 g $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ (yang telah dikeringkan pada suhu 150 °C selama 2 jam) dalam labu ukur 1.000 ml dengan 500 ml air bebas organik. Tambahkan 167 ml H_2SO_4 pekat sedikit demi sedikit sambil didinginkan dan diaduk, kemudian tambahkan 33,3 g HgSO_4. Tambahkan air bebas organik secara perlahan-lahan sambil diaduk hingga larut. Dinginkan pada suhu ruang kemudian encerkan sampai 1.000 ml dan homogenkan.</p> <ol style="list-style-type: none"> <i>Digestion solution</i> untuk contoh uji dengan nilai COD rendah: <p>Lakukan seperti langkah b) dengan jumlah $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1,022 g</p> <p>CATATAN 1 <i>digestion solution</i> dapat digunakan larutan siap pakai yang tersedia secara komersial.</p> <p>CATATAN 2 jika selama penyimpanan pada <i>digestion solution</i> terbentuk endapan, maka buat larutan baru.</p> <ol style="list-style-type: none"> Larutan pereaksi asam sulfat: Larutkan 10,12 g kristal Ag_2SO_4 dengan 1.000 ml H_2SO_4 pekat ke dalam gelas piala 1.000 ml. Aduk hingga larut. <p>CATATAN Proses pelarutan Ag_2SO_4 dalam asam sulfat dibutuhkan waktu pengadukan selama 2 (dua) hari, sehingga perlu digunakan <i>magnetic stirrer</i>.</p> <ol style="list-style-type: none"> Asam sulfamat ($\text{NH}_2\text{SO}_3\text{H}$): Digunakan jika ada gangguan nitrit. Tambahkan 10 mg asam sulfamat untuk setiap mg NO_2^--N yang ada dalam contoh uji. Larutan baku Kalium Hidrogen Phtalat ($\text{HOOCCH}_2\text{H}_2\text{COOK}$, KHP) setara dengan nilai COD 500 mg O_2/l. Gerus perlahan kristal KHP, lalu keringkan dalam oven pada suhu 110 °C sampai berat tetap. Larutkan 425 mg KHP ke dalam air bebas organik dan tetapkan sampai 1.000 ml. Larutan ini stabil bila disimpan dalam kondisi dingin pada temperatur ≤ 6 °C dan dapat digunakan selama tidak ada pertumbuhan mikroba.
1 dari 10	2 dari 10

Gambar Lampiran 5. 1 SNI 6989.2:2019 Uji COD Menggunakan Refluks Tertutup

<div data-bbox="552 369 611 432" data-label="Image"></div> <p data-bbox="459 434 703 461">MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA</p> <p data-bbox="400 512 762 613">PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA NOMOR P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019 TENTANG PERUBAHAN KEDUA ATAS PERATURAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP NOMOR 5 TAHUN 2014 TENTANG BAKU MUTU AIR LIMBAH</p> <p data-bbox="472 633 689 649">DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA</p> <p data-bbox="400 667 762 683">MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA,</p> <p data-bbox="387 721 775 976">Menimbang : a. bahwa untuk melaksanakan ketentuan Pasal 20 ayat (2) huruf b dan ayat (5) Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, perlu mengatur mengenai baku mutu air limbah; b. bahwa air limbah yang bersumber dari usaha dan/atau kegiatan industri tekstil berpotensi mencemari media air sehingga perlu diterapkan baku mutu air limbah sebelum dibuang ke media air; c. bahwa ketentuan mengenai baku mutu air limbah industri tekstil sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.21/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2018 tentang</p>	<p data-bbox="1075 329 1098 342" style="text-align: center;">- 2 -</p> <p data-bbox="995 369 1281 439">Perubahan atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah sudah tidak sesuai dengan kondisi di lapangan, sehingga perlu dilakukan perubahan;</p> <p data-bbox="973 441 1281 542">d. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a, huruf b, dan huruf c, perlu menetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan tentang Perubahan Kedua atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah;</p> <p data-bbox="892 560 1281 972">Mengingat : 1. Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 140, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 5059); 2. Peraturan Pemerintah Nomor 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2001 Nomor 153, Tambahan Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 4161); 3. Peraturan Presiden Nomor 16 Tahun 2015 tentang Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2015 Nomor 17); 4. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2014 Nomor 1815) sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor P.21/MENLHK/SETJEN/KUM.1/7/2018 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah (Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 926);</p>
--	--

Gambar Lampiran 5. 2 PermenLHK Nomor
P.16/MENLHK/SETJEN/KUM.1/4/2019

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Tsabita Dary Pramudisa, lahir di Bogor pada tanggal 21 Januari 2003. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Supriyadi dan Mimosa Seta. Pendidikan penulis dimulai pada TK Islam Salman Al-Farisi, Cibinong. Lalu, penulis melanjutkan pendidikan di SD Islam Karya Mukti Citeureup (2009 – 2015), SMP Negeri 1 Cibinong (2015 – 2018), SMA Negeri 2 Cibinong (2018 – 2021), dan Universitas Islam Indonesia, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.

Selama masa perkuliahan, penulis mengikuti beberapa kegiatan yang diikuti, baik kegiatan akademik maupun non-akademik adalah sebagai berikut.

1. Staff *Organizing Committee* Divisi Dana Usaha Kepanitiaan *Enviro Champions* 2021.
2. Staff *Organizing Committee* Divisi Kesekretariatan Kepanitiaan Lintas Lingkungan 2022.
3. Staff Departemen Hubungan Luar Himpunan Mahasiswa Teknik Lingkungan Periode Tahun 2023.
4. Kerja Praktik di PT. Tenaris SPIJ, Cilegon dengan judul “Analisis Kualitas Limbah Cair Dalam Proses Pembuatan Pipa Baja Pada PT. Tenaris SPIJ”.
5. Asisten Praktikum Mata Kuliah Kimia Lingkungan

TABEL PERBAIKAN

Bab – Subbab	Keterangan
Bab I – Latar Belakang	Menambahkan urgensi penelitian dan perbandingan antara penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian sebelumnya.
Bab III – Sistem Pengolahan	Menambahkan <i>flowrate</i> aerator pada reaktor aerobik dan <i>sludge</i> pada dasar tangki <i>clarifier</i> yang dikembalikan ke bak anaerobik.
Bab III – Sampling Reaktor	Menambahkan lokasi titik sampling pada bagian apa saja dan alasan titik sampling dilakukan pada <i>clarifier</i> bukan pada reaktor aerob.
Bab IV – Hasil dan Pembahasan	Menambahkan pembahasan dari hasil yang didapatkan dan perbandingan dengan penelitian terdahulu.