

TA/TL/2022/1400

TUGAS AKHIR

**IDENTIFIKASI BAKTERI *INDIGENEOUS* UNTUK
MENINGKATKAN DEGRADASI COD PADA
PENGOLAHAN LIMBAH TENUN MENGGUNAKAN
SISTEM *FLOATING TREATMENT WETLAND* (FTW)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



**KHALFINA MAHARANI
17513110**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2021**

TUGAS AKHIR
**IDENTIFIKASI BAKTERI *INDIGENEOUS* UNTUK
MENINGKATKAN DEGRADASI COD PADA PENGOLAHAN
LIMBAH TENUN MENGGUNAKAN SISTEM FLOATING
TREATMENT WETLAND (FTW)**

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan



KHALFINA MAHARANI
17513110

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


15-10-21

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

NIK. 165131306

Tanggal: 15 Oktober 2021


Dr. Eng. Awaluddin Nurmianto, S.T., M.Eng

NIK. 095130403

Tanggal: 15 Oktober 2021

Mengetahui,*
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


Eke Siswono, S.T., M.Sc.ES., Ph.D

NIK. 02510046

Tanggal: 19 Januari 2022

HALAMAN PENGESAHAN*

**IDENTIFIKASI BAKTERI *INDIGENEOUS* UNTUK
MENINGKATKAN DEGRADASI COD PADA
PENGOLAHAN LIMBAH TENUN MENGGUNAKAN
SISTEM FLOATING TREATMENT WETLAND (FTW)**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : **Senin**
Tanggal : **27 Desember 2021**

Disusun Oleh:

KHALFINA MAHARANI
17513110

Tim Penguji :

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

Dr. Eng. Awaluddin Nurmivanto, S.T., M.Eng

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

()
()
()

PERNYATAAN

Dengan ini saya 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 adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian 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. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Oktober 2021

Yang membuat pernyataan,



Khalfina Maharani

NIM: 17513110

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Laporan tugas akhir dengan judul ***'Identifikasi Bakteri Indigeneous Untuk Meningkatkan Degradasi COD Pada Pengolahan Limbah Tenun Menggunakan Sistem Floating Treatment Wetland (FTW)'*** ini dibuat dalam rangka memenuhi persyaratan memperoleh derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia serta untuk menambah pengetahuan mengenai bidang terkait baik bagi kami selaku penyusun maupun bagi pembaca.

Pada kesempatan ini, kami mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan dalam pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua, adik beserta keluarga besar yang selalu mendoakan dan mendukung penulis dalam penelitian dengan penuh kasih sayang yang tiada hentinya.
3. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng dan Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng selaku pemimbing yang telah membantu, memimbing, memberikan dukungan, saran dan pemahaman selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Annisa Nur Lathifa S.Si., M.Biotech., Ph.D selaku penguji yang telah memberikan saran dan masukan selama pengerjaan Tugas Akhir.
5. Staff laboratorium Laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan yang telah membantu selama penelitian dalam memberikan pemahaman dan membantu selama pengerjaan tugas akhir di laboratorium.
6. Sahabat-sahabat semasa kuliah Septiara Nur Islamy, Pramadisa Dwi Amanda, Diffa Shahira dan Waode Melisa yang telah memberikan dukungan tiada hentinya selama kuliah hingga selesai.
7. Tim wetland pada penelitian ini yaitu Affie Maghfira, Fazhlin Nabilah, Luthfia Aisyah, Septiara Nur Islamy, Pramadisa Dwi Amanda, Chaerisa

Noor yang telah berjuang bersama-sama dan saling memberikan dukungan selama pengerjaan Tugas Akhir.

8. Saya ingin berterima kasih kepada diri sendiri yang telah berjuang dan bekerja keras hingga sampai saat ini
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu baik secara langsung maupun tidak langsung.

Penulis berharap semoga amal baik dari semua pihak yang telah membantu dalam pengerjaan tugas akhir ini mendapatkan balasan pahala dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih belum mencapai sempurna. Oleh karena itu, kritik serta saran yang membangun sangat kami harapkan guna penyempurnaan laporan ini .

Wassalamualaikum wr. wb

Yogyakarta, 15 Oktober 2021

Khalfina Maharani



ABSTRAK

KHALFINA MAHARANI. Identifikasi Bakteri *Indigeneous* Untuk Meningkatkan Degradasi COD Pada Pengolahan Limbah Tenun Menggunakan Sistem *Floating Treatment Wetland* (FTW). Dibimbing oleh Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng dan Dr. Eng. AWALUDDIN NURMIYANTO, S.T., M.Eng.

Meningkatnya daya produksi oleh industri tenun menyebabkan terjadinya potensi pencemaran limbah cair yang disebabkan oleh industri tenun. Limbah cair tersebut mengandung zat pencemar, terutama zat organik. Air limbah tersebut menimbulkan dampak negatif apabila tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Oleh karena itu, diperlukan metode pengolahan dalam mengatasi dampak pencemaran yang diakibatkan oleh limbah cair industri tenun. *Floating treatment wetland* merupakan teknologi pengolahan limbah dengan memanfaatkan tanaman serta mikroorganisme yang ekonomis serta efisien. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bakteri *indigeneous* dan efektifitas bakteri *indigeneous* pada tanah kontaminasi limbah tenun dalam mendegradasi parameter COD yang terdapat di limbah cair industri tenun dengan sistem *floating treatment wetland*. Penelitian ini dilakukan dengan mengekstraksi bakteri dari tanah, isolasi, memperbanyak bakteri dengan cara dikultur, uji morfologi dan identifikasi bakteri yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi COD. Hasil identifikasi bakteri menunjukkan bahwa terdapat 9 isolat bakteri *indigeneous* yang mempunyai morfologi yang berbeda-beda. 9 isolat bakteri *indigenenous* mempunyai 6 bakteri gram positif dan 3 bakteri gram negatif dengan 5 bentuk sel basil dan 4 bentuk sel kokus. Bakteri *indigeneous* yang mampu mendegradasi parameter COD pada limbah tenun terdapat 5 bakteri yaitu pada kode sampel Sb-2 dengan gram negatif dan bentuk sel kokus dan Sb-3 gram positif dan bentuk sel basil sebesar 83%, Sb-1 gram positif dan bentuk sel kokus sebesar 81%, Sb-6 sebesar 79% dan Sc-1 sebesar 69% dengan bakteri gram positif dan bentuk sel basil. Penelitian menunjukkan bahwa kombinasi tanaman *vetiver* dan bakteri *indigenenous* mampu mengolah limbah cair tenun dan mengatasi pencemaran lingkungan.

Kata kunci: Bakteri *indigeneous*, Bioremediasi, *Chemical Oxygen Demand* (COD), *Floating Treatment Wetland*, Limbah tenun.

ABSTRACT

KHALFINA MAHARANI. *Identification of Indigeneous Bacteria To Increase COD Degradation in Woven Waste Treatment Using Wetland Floating Treatment System (FTW)*. Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng and Dr. Eng. AWALUDDIN NURMIYANTO, S.T., M.Eng.

Increased productivity by weaving industry caused the potential for wastewater pollution caused by the weaving industry. The wastewater contains pollutants, especially organic substances. The wastewater has negative impact if it is not treated first. Therefore, processing methods are needed to overcome the impact of pollution caused by the liquid waste of the weaving industry. Floating treatment wetland is a waste treatment technology by utilizing plants and microorganisms that are economical and efficient. This study aims to identify indigeneous bacteria and the effectiveness of indigeneous bacteria in soil woven waste contamination in degrading COD parameters found in industrial woven liquid waste with wetland floating treatment systems. This study was conducted by extracting bacteria from the soil, isolating, multiplying bacteria by culture, morphological testing and identification of bacteria that have the ability to degrade COD. The results of bacterial identification showed that there are 9 indigeneous bacterial isolates that have different morphologies. 9 indigenenous bacterial isolates have 6 gram-positive bacteria and 3 gram-negative bacteria with 5 basil cell shape and 4 cocus cell shape. Indigeneous bacteria that are able to degrade COD parameters in woven waste there are 5 bacteria, namely in the sample code Sb-2 with gram negative and coccus cell shape and Sb-3 gram positive and basil cell shape by 83%, Sb-1 gram positive and coccus cell shape by 81%, Sb-6 by 79% and Sc-1 by 69% with gram positive bacteria and basil cell shape. Research shows that the combination of vetiver plants and indigenenous bacteria is able to treat woven liquid waste and overcome environmental pollution.

Bioremediation, *Indigeneous Bacteria, Chemical Oxygen Demand (COD), Floating Treatment Wetland, Weaving Wastewater.*



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Asumsi Penelitian.....	4
1.6 Ruang Lingkup.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Limbah Cair Industri Tenun.....	6
2.2 Karakteristik Limbah Tenun.....	7
2.2 Bioremediasi.....	8
2.3 Isolasi Bakteri.....	9
2.4 Nutrient Agar (NA).....	10
2.5 Bakteri <i>Indigeneous</i>	10
2.6 <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD).....	12
2.7 Tanaman Vetiver (<i>Vetiveria Zizanioides</i>).....	13
2.8 <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW).....	13
2.9 Penelitian Terdahulu.....	15
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....	19
3.2 Metode Penelitian.....	19
3.3 Isolasi <i>Indigeneous</i> dari tanah tercemar.....	20
3.4 Pemurnian Bakteri.....	24
3.5 Identifikasi Bakteri <i>Indigeneous</i>	25
3.6 Kultur Bakteri <i>Indigeneous</i>	26
3.8 Reaktor <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW).....	28

3.8.1 Persiapan Reaktor <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW).....	28
3.8.2 Aklimatisasi Tanaman <i>Vetiveria Zizanioides</i>	29
3.8.3 Running Reaktor <i>Floating Treatment Wetland</i>	30
3.9 Pengujian dan Analisa Data.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Identifikasi Bakteri <i>Indigeneous</i>	34
4.1.1 Karakteristik Bakteri <i>Indigeneous</i>	35
4.2 Uji Parameter <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD)	48
4.3 Efisiensi Removal Bakteri <i>Indigeneous</i> Terhadap Parameter COD.....	53
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan.....	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	66
RIWAYAT HIDUP	79



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Air Limbah Tenun	8
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu	15
Tabel 3.1 Sampel Untuk <i>Running</i> Reaktor	28
Tabel 4.1 Morfologi Bakteri.....	34
Tabel 4.2 Pewarnaan Gram	39
Tabel 4.3 Nilai <i>Optical Density</i> Bakteri Terpilih.....	44





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Proses Produksi Tekstil	7
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	19
Gambar 3. 2 Sampel Penelitian Terdahulu.....	20
Gambar 3. 3 Tahapan Ekstraksi Tanah	21
Gambar 3. 4 Tahapan Persiapan Media Nutrient Agar (NA).....	21
Gambar 3. 5 Pengenceran Bakteri <i>Indigeneous</i>	22
Gambar 3. 6 <i>Streak</i> Bakteri	23
Gambar 3. 7 Pewarnaan Bakteri.....	24
Gambar 3. 8 Kultur Bakteri.....	26
Gambar 3. 9 Reaktor <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW).....	27
Gambar 3.10 Aklimatisasi Tanaman <i>Vetiveria Zizanioides</i>	28
Gambar 3.11 Reaktor <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW).....	29
Gambar 3.12 Tahapan COD.....	30
Gambar 4. 1 Grafik Konsentrasi COD Selama Running Reaktor.....	46
Gambar 4. 2 Efisiensi Removal COD	49



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Parameter COD	53
Lampiran 2 Data Pengukuran COD	60
Lampiran 3 Baku Mutu Air Limbah.....	61
Lampiran 4 Hasil <i>Streak</i> 4 Kuadran	62
Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian	65



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran limbah cair yang disebabkan oleh industri menyebabkan permasalahan lingkungan akibat dampak negatif yang ditimbulkan. Limbah cair oleh industri tersebut jika tidak dilakukan pengolahan dengan benar akan mengakibatkan pencemaran terhadap perairan maupun lingkungan sekitarnya (Priya et al., 2011). Industri tenun adalah salah satu industri yang membentuk limbah cair dan paling umum ditemui. Limbah cair dari industri tenun berpotensi membahayakan lingkungan dikarenakan limbah tersebut mengandung zat pewarna yang kompleks dan tingkat warna yang tinggi. Pewarna yang terkandung di dalam limbah cair industri tenun merupakan komponen penting dalam rendahnya kualitas air limbah industri tenun, karena terdapat berbagai jenis zat-zat kimia dengan bermacam-macam konsentrasi. Sebagian dari jenis pewarna tersebut memiliki dampak karsinogenik dan mutagenik baik terhadap perairan maupun manusia (Couto, 2009).

Industri tenun menggunakan sejumlah besar air dan menghasilkan sejumlah besar limbah yang mengandung padatan tersuspensi, aditif, deterjen, surfaktan, amina, karsinogenik, aldehida, logam berat dan pewarna. Limbah industri tenun mempunyai pH yang berfluktuasi, temperature yang tinggi, COD dan pewarnaan kompleks merupakan yang utama dalam karakteristik fisikokimia pada limbah tenun. Air limbah tersebut merupakan ancaman lingkungan yang serius terhadap badan air (Jadhav *et al.*, 2010; Phugare *et al.*, 2011). Proses pewarnaan pada limbah tekstil merupakan kontaminan utama yang berkontribusi dalam air limbah industri tenun sebagai penyumbang utama dalam kebutuhan oksigen biologis (Murugalatha, *et al.*, 2010).

Pengolahan limbah cair industri pada umumnya dapat dilakukan dengan secara fisika, kimia maupun biologi. Salah satu cara yang bisa digunakan dalam pengolahan limbah cair industri tenun yaitu pengolahan secara biologi dengan memanfaatkan mikroorganisme sebagai agen bioremediasi yang menjadi solusi menjanjikan karena sifatnya yang berkelanjutan, ramah lingkungan dan ekonomis. Bioremediasi dapat dilakukan dengan melibatkan proses degradasi secara aerobik dan anaerobik oleh mikroorganisme. Menurut Saratale *et al.*, 2009 dan Carneiro *et al.*, 2010 bahwa proses tersebut merupakan proses yang relatif murah, biaya operasional yang rendah, dan hasil akhirnya tidak mengandung zat yang beracun. Sebagian reduksi terjadi selama pertumbuhan bakteri aktif. Terdapat beberapa kekhawatiran mengenai efek yang merugikan pada biota perairan dan manusia karena pencemaran air oleh limbah dari industri tenun.

Pengolahan yang tepat dalam mengolah limbah dari industri tenun adalah menggunakan pengolahan secara biologis dapat menggunakan bakteri *indigenous* dalam mendegradasi limbah tenun dengan sistem *floating treatment wetland*. Berdasarkan penelitian Martiningsih dkk, 2019 bahwa bakteri *indigenous* hasil dari isolasi limbah tenun memiliki kemampuan penyesuaian yang baik akan kondisi limbah tenun serta mempunyai aktifitas enzim yang bisa dalam proses dekolonisasi zat warna menjadi lebih sederhana, sebagai akibatnya menimbulkan efek yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Pengolahan limbah tenun dengan menggunakan sistem *floating treatment wetland* yaitu salah satu metode remediasi yang memanfaatkan tanaman yang ditanam secara artifisial atau buatan diatas rakit apung yang memungkinkan tanaman secara hidroponik di badan air (Wu *et al.*, 2017; Shahid *et al.*, 2018). Menurut penelitian Tara *et al.*, 2019 bahwa pengolahan limbah tenun menggunakan sistem *floating treatment wetland* dengan memanfaatkan tumbuhan dan bakteri dapat meningkatkan kinerja penghilangan polutan organik maupun anorganik yang mana BOD berkurang menjadi 92%, COD sebesar 91% dan warna sebesar 86% di air limbah. Dengan adanya inokulasi bakteri *indigenous* akan limbah pada reactor

dengan konsentrasi limbah 25% dapat menurunkan kadar COD sebesar 93,89% (Ismail, 2020).

Berdasarkan permasalahan yang terdapat diatas maka perlu penelitian lebih lanjut mengenai identifikasi bakteri *indigeneous* yang dapat mendegradasi terutama kandungan COD pada limbah cair yang disebabkan oleh industri tenun dengan menggunakan sistem *floating treatment wetland*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah isolasi dan identifikasi bakteri *indigeneous* perlu dilakukan untuk memperoleh isolat-isolat bakteri *indigeneous* dari tanah terkontaminasi yang memiliki kemampuan dalam menurunkan COD pada air limbah industry tenun dengan menggunakan sistem FTW yang berfungsi dalam mengendalikan pencemaran limbah cair dari industry tenun tersebut.

1. Apa jenis bakteri *indigeneous* yang mampu dalam mendegradasi COD pada limbah cair industri tenun?
2. Bagaimana efektifitas dari jenis bakteri *indigeneous* tersebut dalam mendegradasi parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan sistem FTW pada limbah industri tenun?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi jenis bakteri *indigeneous* dan efektifitas bakteri *indigeneous* dari tanah kontaminasi limbah tenun dalam mendegradasi parameter COD pada limbah cair industri tenun dengan sistem *floating treatment wetland*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai rekomendasi alternative terhadap pengelolaan limbah cair tenun melalui proses biodegradasi dengan menambahkan bakteri *indigeneous*.
2. Memberikan pengetahuan dan kemampuan bakteri *indigeneous* dalam mendegradasi kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan sistem *floating treatment wetland*.
3. Penelitian ini dapat bermanfaat menjadi salah satu informasi mengenai identifikasi bakteri *indigeneous* dalam menurunkan konsentrasi COD pada air limbah industri tenun.

1.5 Asumsi Penelitian

Penelitian ini didasarkan pada asumsi bahwa bakteri *indigeneous* mempunyai potensi dalam mengolah dan mendegradasi limbah tenun terhadap parameter COD dengan sistem *floating treatment wetland*. Apabila bakteri *indigeneous* bekerja secara efektif dan tumbuh dengan baik dalam mengolah limbah tenun, maka kandungan konsentrasi COD pada limbah tenun yang diuji diharapkan dapat berkurang dibawah baku mutu air limbah pada Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 dengan kadar maksimum untuk parameter COD sebesar 150 mg/L.

1.6 Ruang Lingkup

Berikut merupakan ruang lingkup dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Aklimatisasi tanaman *Vetiveria zizanioides* dengan sistem *floating treatment wetland*
2. Isolasi dan indentifikasi bakteri *indigenenous* dari tanah yang telah terkontaminasi air limbah cair industri tenun.
3. Pengolahan limbah tenun dengan menggunakan sistem *floating treatment wetland*.

4. Parameter yang diuji pada penelitian adalah parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD).
5. Sampel limbah cair yang digunakan pada penelitian adalah limbah cair yang berasal dari industri tenun.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah Cair Industri Tenun

Umumnya limbah cair industry tenun berasal dari proses pewarnaan (*dyeing*), pencetakan (*printing*) dan *finishing*. Proses-proses tersebut menggunakan bahan kimia yang berasal dari senyawa organik. Terdapatnya senyawa organik tersebut dapat meningkatkan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) pada limbah industry tenun (Irmanto dan Suyata, 2008).

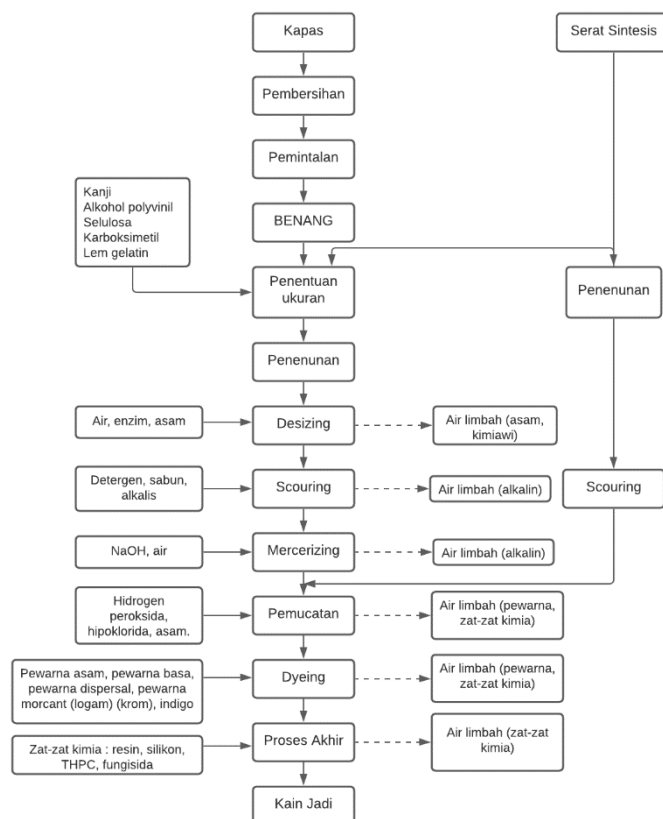
Limbah cair industri tenun jika langsung dibuang ke badan air dan pada awalnya tidak dilakukan pengolahan maka dapat mengakibatkan munculnya dampak negatif seperti meningkatkan konsentrasi *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan *Biological Oxygen Demand* (BOD), dapat mengganggu proses fotosintesis sehingga mengakibatkan berkurangnya oksigen. Selain itu juga dapat mengganggu biota yang hidup di badan air akibat limbah cair industry tenun yang mengandung zat pewarna yang belum dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum masuk ke badan sungai, menyebabkan masyarakat kekurangan air bersih, mengakibatkan iritasi dan kanker akibat mengkonsumsi air dari limbah yang tercemar (Ogugbue dan Sawidis, 2011; Ratna dan Padhi, 2012).

Pada limbah cair industri tenun mengandung beberapa senyawa yang berbahaya bagi lingkungan terlebih tanpa adanya pengolahan, paling utama adalah perairan. Pada perairan contohnya seringkali di badan sungai dijumpai ternyata pencemaran sungai. Pencemaran ditandai oleh berubahnya warna, biota air yang terdapat di perairan. Mayoritas senyawa yang ditemukan limbah cair industry tekstil adalah zat warna sintesis yang digunakan pada proses di industry tenun (Ramachandran *et al.*, 2009).

Limbah industri tenun mempunyai kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) dan warna yang cukup tinggi disebabkan karena beberapa dari limbah industri tersebut menghasilkan campuran bahan organik dari proses produksi kain tenun. Proses tersebut diantaranya adalah pewarnaan dan pembilasan yang mengakibatkan air limbah berwarna dan mempunyai COD (*Chemical Oxygen Demand*) yang tinggi serta dari senyawa-senyawa lain akibat dari warna yang digunakan (Hadiwidodo *et al.*, 2009).

2.2 Karakteristik Limbah Tenun

Karakteristik limbah cair industri tenun sangat berkaitan dengan bahan-bahan yang digunakan pada proses produksi industri tenun tersebut. Berikut merupakan proses produksi dan karakteristik dari limbah tenun adalah sebagai berikut:



Gambar 2.1 Proses Produksi Tekstil (Kementerian Lingkungan Hidup, 2002)

Tabel 2.1 Karakteristik Air Limbah Tenun

No	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)
1.	Temperatur	38° C
2.	BOD ₅	60
3.	COD	150
4.	TSS	50
5.	Fenol total	0,5
6.	Khrom total (Cr)	1,0
7.	Amoniak total (NH ₃ -N)	8,0
8.	Sulfida (sebagai S)	0,3
9.	Minyak dan lemak	3,0
10.	pH	6,0-9,0

Sumber: Peraturan Daerah Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012

2.2 Bioremediasi

Bioremediasi merupakan pengolahan limbah secara biologi yang memanfaatkan mikroorganisme untuk dihilangkan pada kontaminan tertentu dengan tujuan untuk mengurangi konsentrasi zat pencemar tersebut. Bioremediasi ini memanfaatkan mikroorganisme melalui enzim-enzim yang dibuat oleh mikroorganisme tersebut untuk mengubah struktur zat pencemar menjadi tidak kompleks sehingga polutan yang dihasilkan tidak toksik dan tidak berbahaya bagi lingkungan (Priadie, 2012).

Pendekatan secara biologi yaitu dengan menggunakan mikroorganisme sebagai agen dalam meremediasi atau mendegradasi merupakan pendekatan yang prospektif dikarenakan lebih ramah lingkungan biaya yang rendah dan memiliki sifat yang berkelanjutan. Dalam menentukan mikroorganisme diperlukan beberapa kandidat dengan cara menseleksi untuk menjadi agen dalam metode bioremediasi. Untuk menseleksi mikroorganisme tersebut dapat dilakukan dengan pendekatan secara mikrobiologis. Pendekatan biologis juga dapat dilakukan di lapangan dengan sistem sesuai agar metode bioremediasi dengan memanfaatkan mikroorganisme dapat mencapai hasil yang maksimal (Bayoumi *et al.*, 2014; Lade *et al.*, 2015). Metode secara biologi menggunakan mikroorganisme

mempunyai keuntungan seperti biaya yang rendah dan mempunyai sifat yang ramah lingkungan (Pandey *et al.*, 2007).

Pengolahan limbah secara biologi pada limbah cair industry tekstil terhadap zat warna dominan diarahkan dengan menggunakan bakteri dan jamur. Terdapat beberapa zat warna azo yang dapat didegradasi oleh bakteri aerob diantaranya *Plesiomonas* sp., dan *Vibrio* sp. Sedangkan terdapat juga beberapa zat warna azo yang dapat didegradasi oleh bakteri anaerob diantaranya *Aeromonas* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Flavobacterium* sp. (Sastrawidana, 2012).

2.3 Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri merupakan mekanisme pengambilan bakteri dengan cara mengambil bakteri dari sumber, lingkungan maupun habitat aslinya dan membiakkan bakteri tersebut ke media buatan sehingga menghasilkan biakan murni. Hasil dari bakteri yang telah diisolasi menjadi biakan murni yang mana dari setiap jenis bakteri tersebut dapat ditelaah terkait morfologi, sifat maupun kemampuan biokimianya (Singleton dan Sainsbury, 2006).

Jumlah bakteri yang terdapat di alam merupakan gabungan dari beragam jenis bakteri sehingga membutuhkan proses isolasi bakteri untuk memperoleh jenis bakteri yang diinginkan. Proses isolasi tersebut dilakukan dengan cara mengambil sampel bakteri yang akan diteliti dan dikultur menggunakan media selektif untuk memperoleh biakan murni. Bakteri yang tumbuh pada media tersebut akan dipisahkan ke media lain untuk mempermudah identifikasi bakteri yang disebut dengan inokulasi. Media yang digunakan juga termasuk media selektif yang mana terdapat nutrisi serta kondisi lingkungan yang baik untuk pertumbuhan mikroba yang dikehendaki. Media yang mengandung bakteri akan diinkubasi selama beberapa hari untuk melihat pertumbuhan bakteri yang akan diidentifikasi lebih lanjut (Priadie, 2012).

Teknik kultur yang digunakan untuk mendapatkan biakan murni yaitu mencakup *spread plate methode* dengan cara sebar, *pour plate methode* atau

cara tabur atau tuang dan *streak plate methode* dengan cara menggoreskan suspense bakteri ke permukaan media agar di cawan petri dengan jarum ose (Irianto, 2012).

2.4 Nutrient Agar (NA)

Nutrient Agar (NA) merupakan media umum yang digunakan untuk menumbuhkan bakteri. Media *Nutrient Agar* (NA) merupakan media padat yang berasal dari sintetik dan berwarna cokelat muda (Addina, 2014). Media NA dimanfaatkan untuk mengembangbiakkan bakteri serta perhitungan mikroorganisme pada limbah, air dan bahan lainnya (Arulanantham *et al.*, 2012).

2.5 Bakteri *Indigeneous*

Bakteri *indigeneous* merupakan bakteri yang secara alamiah hidup di lingkungan tertentu yaitu awal sumber bakteri tersebut tumbuh contohnya pada limbah atau hanya substrat tertentu. Bakteri *indigeneous* mampu beradaptasi serta memiliki kemampuan dalam mendegradasi zat organik dan polutan yang diperoleh pada limbah tertentu. Bakteri *indigeneous* termasuk mikroorganisme yang kelompoknya di jamur dan bakteri (Mayanti dan Herto, 2009).

Terdapat sejumlah bakteri *indigeneous* tertentu yang mampu memanfaatkan zat warna sebagai sumber karbon dan nitrogen serta memiliki kemampuan dalam mendegradasi zat warna dengan menggunakan enzim azo reduktase (Sharma *et al.*, 2009). Secara alamiah untuk mendapatkan bakteri *indigeneous* yang mempunyai kemampuan dalam mendegradasi dapat dilakukan dengan mengisolasi bakteri tersebut dari limbah yang merupakan asal aslinya, yang selanjutnya dilakukan kultur murni secara *in vitro* di laboratorium. Konsorsia bakteri *indigeneous* yang merupakan hasil dari isolasi bakteri dapat dimanfaatkan untuk pengolahan air limbah dengan kondisi bahwa bakteri tersebut mempunyai kemampuan dalam mengolah

limbah tersebut. Dengan memanfaatkan mikroorganisme melalui proses enzimatis merupakan proses paling penting dalam pengolahan air limbah, hal ini disebabkan karena terdapat proses perubahan secara perlahan pada pengolahan air limbah dari substrat yang mengandung bahan organik dengan susunan molekul yang kompleks menjadi unsur-unsur yang sederhana. Senyawa organik yang ada di air limbah ialah sumber nutrisi pada mikroorganisme, mikroorganisme tersebut akan mendegradasi zat organik menjadi lebih sederhana sehingga kontaminan akan terdegradasi dan tidak berbahaya bagi lingkungan. Oleh sebab itu, pengaplikasian mikroorganisme pada proses pengolahan air limbah banyak menghasilkan hasil yang memadai (Sutanto, 2011).

Bakteri *indigeneous* mempunyai keuntungan dari pada bakteri komersial diantaranya biayanya yang murah dan kemampuan mendegradasi yang baik dan berpotensi mempunyai kemampuan dalam mendegradasi kadar pencemar maupun warna yang berasal dari sisa pencelupan. Sedangkan bakteri komersial mempunyai biaya yang lebih mahal serta bakteri komersial masih samar terkait karakteristik limbah yang akan diolah. Kemudian juga dapat mengakibatkan persaingan dengan mikroorganisme alami yang terkandung di limbah tercemar (Martiningsih dan Rahmi, 2019).

Bakteri *indigeneous* hasil isolasi limbah tenun menunjukkan bahwa bakteri *indigeneous* mampu meremoval zat warna sebesar 88% dan dapat digunakan sebagai alat biologis penting dalam mengembangkan sistem pengolahan air limbah yang mampu mendegradasi dan menghilangkan warna azo yang dihasilkan pada limbah tenun (Vishnoi *et al.*, 2020). Pada penelitian Gowri *et al.*, 2020 bahwa bakteri *indigeneous* yang telah teridentifikasi dan hasil isolasi dari limbah tenun terdapat empat jenis bakteri *indigeneous* yang mampu mendegradasi limbah tenun yaitu *Bacillus velezensis*, *Chryseomicrobium imtechense*, *Planococcus maritimus* dan *Sphingobacterium daejeonense*. Pada penelitian Hussain *et al.*, 2018 bahwa terdapat delapan koloni bakteri *indigeneous* yang sudah diisolasi dan diidentifikasi yang mampu mendegradasi zat warna pada limbah tenun

diantaranya *Bacillus alvei*, *Bacillus polymyxa*, *Corynebacterium rathayi*, *Staphylococcus aureus*, *Zymomonas anaerobia*, *Bacillus megaterium*, *Aerobacter*, dan *Micrococcus conglomeratus*.

2.6 Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) atau kebutuhan oksigen kimiawi merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi senyawa organik yang terkandung di dalam air, yang mana zat pengoksidasi yang digunakan yaitu $K_2Cr_2O_7$ atau $KMnO_4$. Nilai COD merupakan parameter kunci yang menyebabkan pencemaran air oleh senyawa organik yang dapat dioksidasi dengan proses mikrobiologi yang menimbulkan adanya oksigen terlarut di air menjadi berkurang. Umumnya pada pengujian COD, senyawa organik dioksidasi oleh $K_2Cr_2O_7$ pada kondisi optimum (Alaerts dan Santika, 2007).

Proses dalam pengujian COD yaitu dengan menambahkan kalium dikromat dengan konsentrasi yang sudah ditetapkan, lalu asam sulfat yang berperan sebagai katalis serta sampel yang akan diuji. Larutan tersebut dimasukkan ke dalam refluks, kemudian diuapkan dan dikondensasi menggunakan thermoreaktor selama 2 jam pada suhu $150^{\circ}C$. Pada proses tersebut, senyawa-senyawa organik akan dihilangkan oleh pemanasan dengan pencampuran larutan kalium dikromat dan asam sulfat (Hammer dan Hammer, 2008).

Baku mutu air limbah pada industri tekstil atau tenun berdasarkan Peraturan Daerah Jawa Tengah Nomor 5 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah bahwa kadar maksimum pada air limbah tekstil untuk parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) adalah sebesar 150 mg/l.

Limbah cair industri tenun apabila tidak dilakukan pengolahan dan langsung dibuang ke lingkungan sehingga dapat mengakibatkan tercemarnya lingkungan tersebut. Parameter utama yang menentukan jika terjadinya pencemaran adalah *Biological Oxygen Demand* (BOD) dan *Chemical Oxygen*

Demand (COD), Dissolved Oxygen (DO), TSS, pH, minyak, amonia, sulfida, phenol dan MLSS (Moertinah, 2010).

2.7 Tanaman Vetiver (*Vetiveria Zizanioides*)

Vetiveria zizanioides merupakan spesies dari *Chrysopagon zizanioides* termasuk dalam famili gramineae yang pertama kali digunakan untuk tujuan konservasi tanah dan air. *Vetiveria zizanioides* mempunyai rimpang pendek, sistem akar yang besar yang berstruktur halus yang tumbuh sangat cepat lalu bisa mengakumulasi logam berat dan efektif dalam mengolah limbah organik. Kedalaman akar tanaman vetiveria mencapai 3-4 m pada tahun pertama. Tanaman vetiveria mempunyai karakteristik morfologis dan fisiologisnya yang unik dan toleransi terhadap logam berat tingkat tinggi dan kondisi yang buruk serta tanaman vetiveria juga telah berhasil digunakan pada bidang perlindungan lingkungan. Meskipun bukan tanaman air, vetiveria mampu tumbuh dan bertahan hidup dalam kondisi hidroponik. Selain itu, sistem akar yang dalam tersebut membuat tanaman vetiveria sangat toleran terhadap kekeringan dan sangat sulit untuk terlepas ketika terkena aliran yang sangat kuat. Oleh karena itu, tanaman vetiveria memiliki potensi yang tinggi untuk digunakan dalam pengolahan limbah industri (Roongtanakiat *et al.*, 2007).

Menurut Tambunan *et al.*, 2018 bahwa fitoremediasi limbah cair batik pada konsentrasi 50% dengan menggunakan tanaman *vetiveria zizanioides* memiliki efisiensi penyisihan pada parameter BOD sebesar 98,47%, COD sebesar 89,05%, dan total krom sebesar 40,29%, yang mana penumpukan logam krom di akar lebih tinggi dibanding di daun.

2.8 Floating Treatment Wetland (FTW)

Floating Treatment Wetland (FTW) dapat dijadikan sebagai salah satu alternative dalam mengolah limbah secara alami dengan menggunakan tanaman sebagai absorbs dari polutan. Pada sistem FTW terdiri dari tanaman-tanaman yang mana tanaman tersebut akan mencuat dengan akar akan

melekat pada substrat. Tanaman-tanaman tersebut akan ditempatkan di bak-bak dan terampung di badan air yang tujuannya sebagai keindahan dan untuk pengolahan air. Selanjutnya, akar-akar yang menggantung di kolom air akan mengambil nutrisi dari badan air (Keizer-vlek *et al.*, 2014).

Floating Treatment Wetland merupakan pengolahan lahan basah yang berbeda dari pengolahan lahan basah secara konvensional. Pada pengolahan secara FTW bahwa mikroorganisme dengan tanaman tumbuh dalam suatu wadah yang menggantung dengan akar yang memanjang di dalam air untuk mengambil nutrisi hidroponik. Sedangkan secara konvensional, bahwa akar tanaman tidak bersinggungan langsung dengan air yang tinggi nutrisi tetapi akar tanaman tersebut tumbuh ke dalam tanah (Stewart *et al.*, 2018).

Floating Treatment Wetland (FTW) tergolong kedalam jenis *constructed wetland* dengan sistem tanaman yang dapat mengapung di dalam air. Pada *floating treatment wetland*, tanaman tidak ditanam di dalam tanah tetapi tanaman tersebut ditanam dalam suatu wadah atau media yang diletakkan di permukaan air. Tanaman tersebut memiliki akar yang memanjang dengan akar menggantung di badan air yang (Pusparinda dan Irwan, 2016).

Floating Treatment Wetland (FTW) merupakan teknologi pengolahan limbah dengan memanfaatkan tanaman serta mikroorganisme. Pada FTW, akar tanaman memainkan peran penting seperti (1) keberadaannya dalam mengurangi turunan air serta mencegah terjadinya resuspensi sedimen (2) melekatkan material tersuspensi pada permukaan akar yang selanjutnya diendapkan didasar sistem atau teradsorpsi ke biofilm (3) jika berhasil teradsorpsi maka bakteri akan mendegradasi polutan organik (Prajapati *et al.*, 2017). Adapun keuntungan dari *floating treatment wetland* seperti makrofit menghambat pertumbuhan alga disebabkan persaingan dalam mendapatkan nutrisi dan sinar matahari yang menguntungkan dalam segi estetika serta menyediakan sejumlah besar biomassa yang digunakan sebagai kebutuhan bio-energi (Shahid *et al.*, 2018).

Namun *floating treatment wetland* ini terbatas dalam segi tertentu seperti stabilitas yang buruk dan kinerja pemurnian yang kurang efisien. Selain itu berkurangnya efisiensi bakteri *indigeneous* dalam mendegradasi senyawa organik beracun dan kemampuan metabolisme tanaman yang lemah (Arslan *et al.*,2017).

Pada penelitian Sa'adah, 2020 menunjukkan bahwa dengan menggunakan reactor *floating treatment wetland* yang mengkombinasikan tanaman *Vetiveria zizanioides* dengan menginokulasikan bakteri bahwa COD berkurang hingga 65%, TSS 78% dan warna 94%.

2.9 Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu mengenai pengolahan limbah tenun tentang *floating treatment wetland* dengan menggunakan bakteri dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Tahun	Penulis	Hasil Penelitian
1.	<i>On-site performance of floating treatment wetland macrocosms augmented with dye-degrading bacteria for the remediation of textile industry wastewater</i>	2019	<ul style="list-style-type: none"> • Nain Tara • M. Arslan • Zahid Hussain • Mazhar Iqbal • Q.M Khan • M. Afzal 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Floating treatment wetland</i> pada tangki bervegetasi dapat menghilangkan polutan organik dan anorganik yang tinggi, sedangkan dengan kombinasi tanaman dan bakteri lebih meningkatkan kinerja penghilangan seperti BOD sebesar 91%, COD sebesar 92% dan warna sebesar 86%. • Persistensi bakteri menunjukkan peran potensial kemitraan tumbuhan dan bakteri dalam degradasi polutan.

				<ul style="list-style-type: none"> • Sistem tersebut (FTW) dioperasikan selama dua tahun yang menunjukkan potensi jangka panjang untuk praktik remediasi di tempat
2.	<i>Bioremediation Of Local Textile Wastewater Using Indigeneous Bacteria Isolated From Soil Contaminated With Dye Effluent</i>	2018	Zulkarnain Bolaji Sulugambri	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Bacillus licheniformis</i> ZUL012 merupakan hasil dari bakteri <i>indigeneous</i> yang sudah diisolasi dari sampel tanah yang terkontaminasi dengan air limbah tenun dan yang sudah diidentifikasi yang mampu menghilangkan pewarna pada air limbah tenun. • Isolasi dari bakteri <i>indigeneous</i> tersebut berhasil mereduksi sifat fisiokimia air limbah tenun yaitu BOD 75%, COD 78%, TSS 60%, TDS 65%.
3.	<i>Biodegradation of textile dye effluent through Indigenou bacteria</i>	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Neha Vishnoi • Sonal Dixit • Yamini Gupta 	<ul style="list-style-type: none"> • Sebanyak empat jenis bakteri <i>indigeneous</i> hasil dari isolasi dan identifikasi limbah tenun yang mampu mendegradasi dan menghilangkan warna azo yang dihasilkan pada limbah tenun. • Semua jenis bakteri <i>indigeneous</i> yang sudah terisolasi menunjukkan potensi yang signifikan untuk

				pewarna dekolorisasi dan degradasi.
4.	<i>Pengolahan Limbah Cair Tenun Dengan Sistem Floating Treatment Wetland Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver dan Bakteri Endofit</i>	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Nurun Nailis Sa'adah 	<ul style="list-style-type: none"> • Terdapat 4 kultur bakteri yang akan diinokulasikan pada FTW. • Pengolahan limbah dengan sistem FTW menggunakan kombinasi tanaman dan bakteri dapat menurunkan parameter COD sebesar 65%, TSS 78%, dan warna 94%.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



BAB III

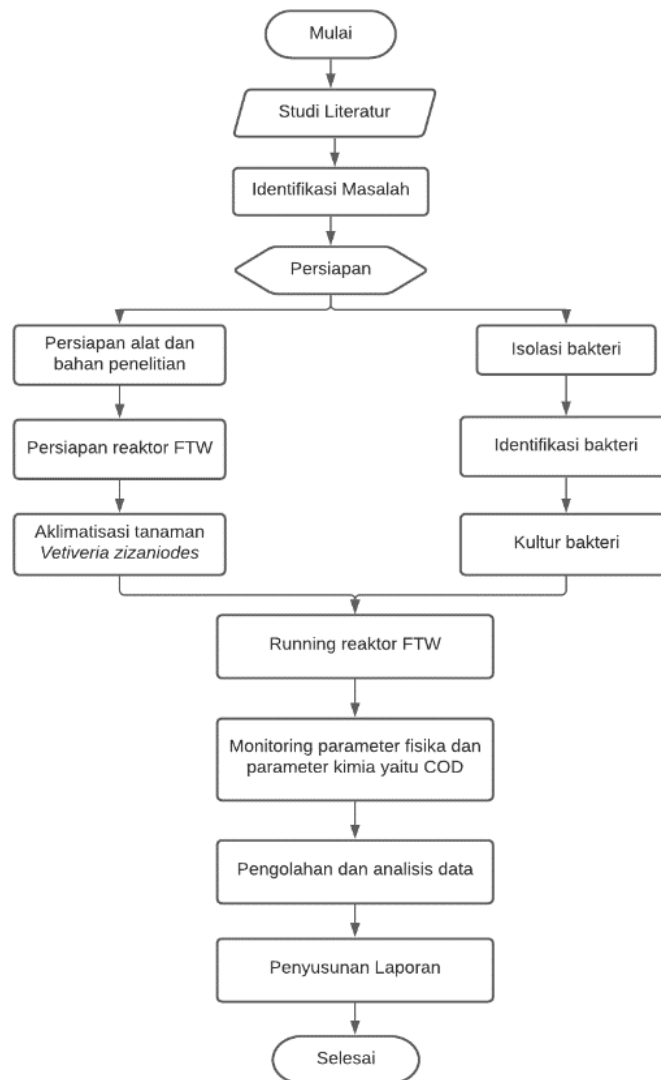
METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia. Penelitian dimulai pada Maret 2021 sampai Oktober 2021.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menguji kemampuan bakteri *indigeneous* pada tanah kontaminasi dari limbah industri tenun dalam mendegradasi kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan sistem *floating treatment wetland* (FTW). Berikut merupakan diagram aliran penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Isolasi *Indigeneous* dari tanah tercemar

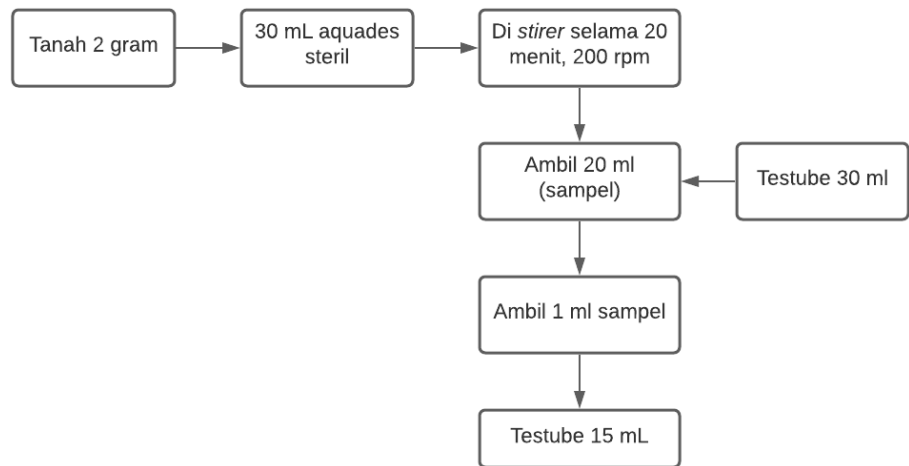
a) Ekstraksi Bakteri

Pada ekstraksi tanah, sampel tanah yang digunakan dan diambil dari penelitian sebelumnya yang dapat dilihat pada gambar di bawah berikut.



Gambar 3.2 Sampel Penelitian Sebelumnya
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

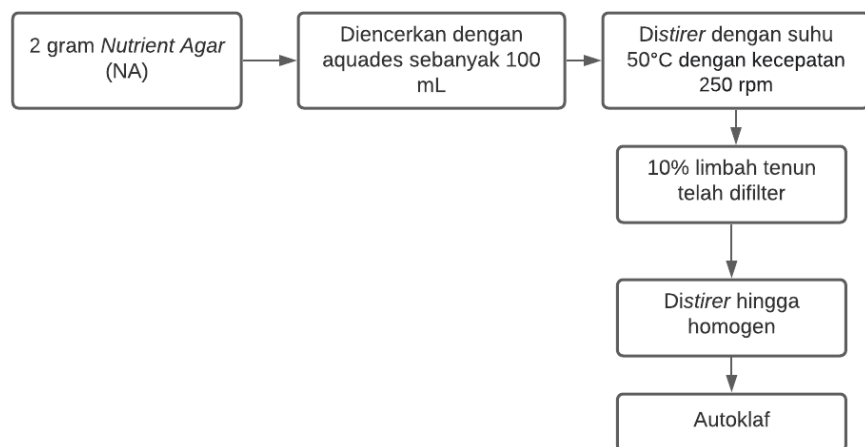
Untuk pengambilan sampel tanah diambil sebanyak 2 gram dari masing-masing reactor penelitian sebelumnya, kemudian ditambahkan sebanyak 30 mL aquades steril dan *distirer* selama 20 menit dengan kecepatan 200 rpm. Setelah *distirer*, mengambil sampel berupa air sebanyak 20 mL ke dalam testube 30 mL. Selanjutnya, sampel tersebut diambil sebanyak 1 mL dan dimasukkan ke testube 15 mL untuk dilakukan pengenceran. Berikut merupakan tahap yang dilakukan pada ekstraksi tanah dapat dilihat pada gambar 3.3 sebagai berikut.



Gambar 3.3 Tahapan Ekstraksi Tanah

b) Persiapan Media

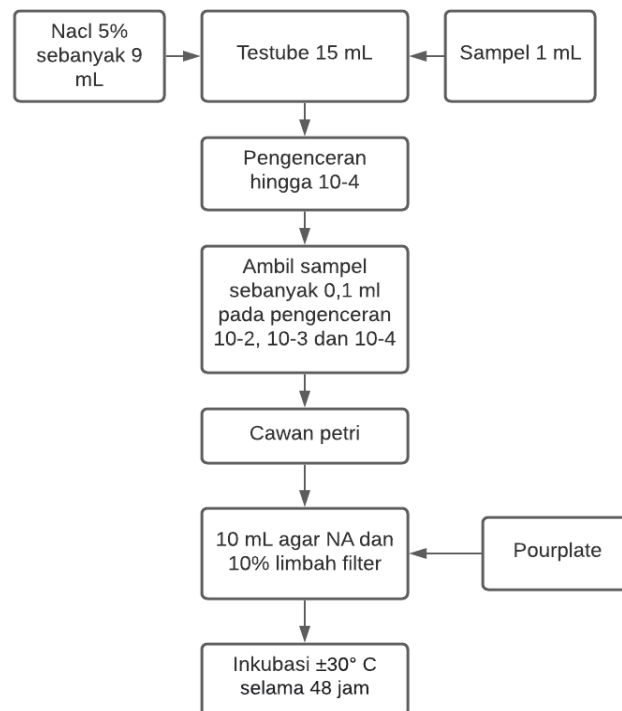
Media yang digunakan untuk isolasi bakteri *indigeneous* adalah media *Nutrient Agar* (NA). Media tersebut akan digunakan untuk mengisolasi bakteri *indigeneous*, dengan menambahkan 10% limbah tenun yang telah difilter maka media tersebut menjadi selektif sehingga dapat digunakan untuk menumbuhkan mikroorganisme atau bakteri yang memiliki kemampuan dalam mengolah limbah tenun.



Gambar 3.4 Tahapan Media Nutrient Agar (NA)

c) Isolasi Bakteri *Indigeneous*

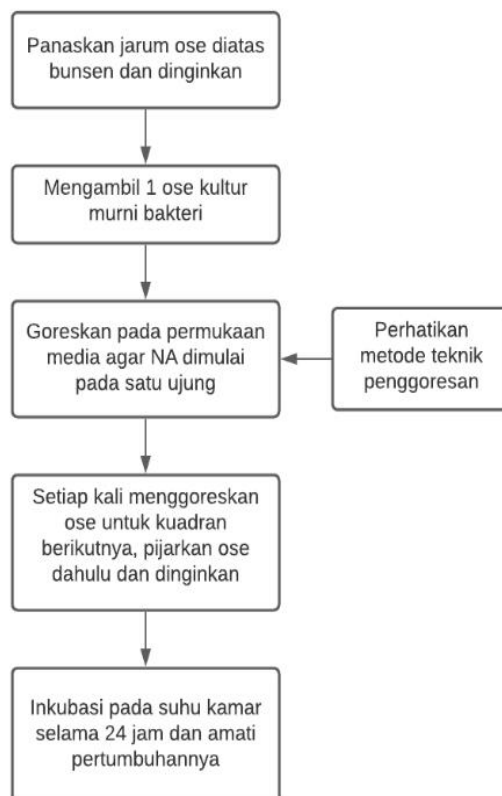
Pada isolasi bakteri *indigeneous* menggunakan metode *pour plate*, yang mana metode *pour plate* merupakan metode dengan cara penuangan untuk memastikan bahwa jumlah koloni bakteri yang hidup pada permukaan media agar berasal dari satu sel bakteri. Sampel sebanyak 1 mL yang berasal dari ekstraksi tanah ditambahkan dengan NaCl 5% sebanyak 9 mL kedalam testube 15 mL untuk dilakukan pengenceran bertingkat hingga 10^{-4} . Setelah itu mengambil sampel sebanyak 0,1 mL pada pengenceran 10^{-2} , 10^{-3} dan 10^{-4} dikarenakan koloni bakteri akan terpisah dipengenceran 10^{-2} , 10^{-3} dan 10^{-4} lalu dituangkan ke dalam cawan petri yang berisi *Nutrient Agar* (NA) dan 10% limbah tenun yang telah difilter. Semua cawan petri kemudian dibungkus dengan aluminium foil dan diinkubasi pada suhu 30°C selama 24 jam hingga 48 jam. Koloni-koloni pada bakteri yang telah diisolasi tersebut dicek dan mengidentifikasi morfologi bakteri (Shehzadi *et al.*, 2015).



Gambar 3.5 Pengenceran bakteri indigeneous

3.4 Pemurnian Bakteri

Pada tahap pemurnian bakteri *indigenous* dilakukan untuk mendapatkan koloni tunggal, setelah inkubasi selama 48 jam, koloni bakteri yang tumbuh di cawan petri kemudian lakukan metode gores atau *streak plate* untuk mengisolasi bakteri di cawan petri yang akhirnya diperoleh koloni terpisah dan biakan murni (Irianto, 2012). Pada tahap ini, dimulai dengan memijarkan jarum ose diatas bunsen dan didinginkan, lalu mengambil satu induk bakteri dan digoreskan dengan 4 kuadran pada media agar NA di cawan petri menggunakan jarum ose. Penggoresan yang sempurna akan mendapatkan koloni terpisah. Selanjutnya, di inkubasi pada suhu 30°C selama 48 jam dan diamati pertumbuhannya (Lay dan Jutono, 2016). Bakal bakteri pada cawan petri yang berisi media NA perlu diinkubasi dengan menggunakan incubator untuk mempercepat proses penumbuhan bakteri dan juga menghindari terjadinya kontaminan.























Gambar 3.6 *Streak* Bakteri

3.5 Identifikasi Bakteri *Indigeneous*

a) Karakteristik Bakteri

Menurut Shehzadi *et al.*, 2015 bahwa identifikasi bakteri dilakukan setelah mengisolasi bakteri dengan cara menganalisis sel morfologi bakteri menggunakan mikroskop cahaya. Selain itu identifikasi morfologi bakteri dapat dilihat dari ciri morfologinya meliputi warna koloni, bentuk koloni, tepi koloni, elevasi koloni, diameter koloni, kepekatan koloni, tipe pertumbuhan koloni pada agar, gram, bentuk sel, ukuran sel, penataan (Fidiastuti, 2020). Karakteristik morfologi bakteri mengacu pada panduan *introduction to microbiology* bahwa sel morfologi dapat diidentifikasi melalui *shape, margin, elevation, size, appearance, optical property, texture* dan *pigmentation* (ATCC, 2021).

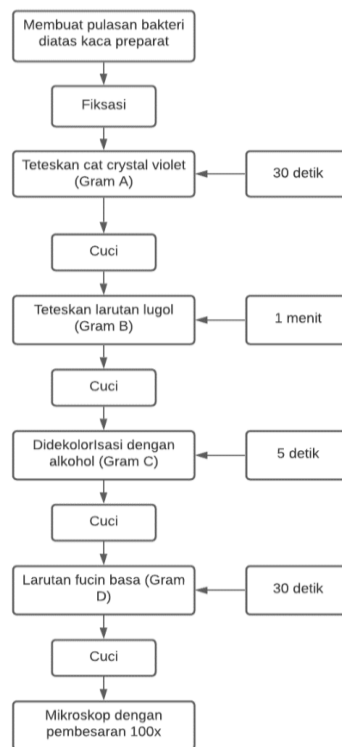
Shape	 Filamentous	 Spindle	 Irregular	 Circular	 Rhizoid	
Margin	 Entire	 Undulate	 Lobate	 Curled	 Rhizoid	 Filamentous
Elevation	 Flat	 Raised	 Convex	 Pulvinate	 Umbonate	
Size	 Punctiform	 Small	 Moderate	 Large		
Appearance	Glistening or dull					
Optical property	Transparent, translucent, or opaque.					
Texture	Rough, smooth, mucoid, butyrous, or dry					
Pigmentation	Nonpigmented (e.g., cream, white) Pigmented (e.g., yellow, blue, pink)					

Gambar 3.3 Morfologi Koloni

Sumber : *Introduction to Microbiology, ATCC 2021*

b) Pewarnaan Bakteri

Selain itu, untuk mengidentifikasi bentuk sel bakteri, dilakukan serangkaian pewarnaan yang tahapannya dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut.



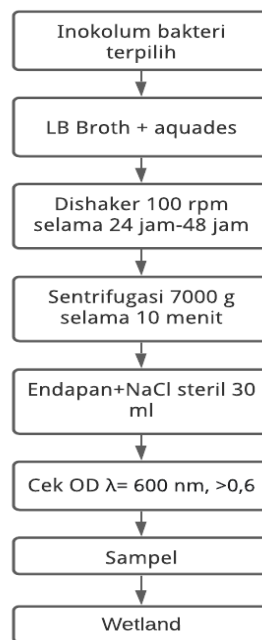
Gambar 3.7 Pewarnaan Bakteri (Lay dan Jutono, 2016).

3.6 Kultur Bakteri *Indigeneous*

Kultur bakteri dilakukan dengan mengambil sembilan koloni bakteri yang sama yang telah identifikasi morfologi pada tahap isolasi dan identifikasi bakteri *indigeneous*. Media NA dan bakal bakteri pada cawan petri hasil *streak* yang sudah diinkubasi perlu diamati pertumbuhannya. Bakteri yang sudah tumbuh dan diperoleh *single colony* dapat dikultur di dalam agar miring untuk memaksimalkan proses pada pemeliharaan isolate. Koloni-koloni bakteri tersebut akan diperbanyak dengan cara mengambil satu koloni bakteri kemudian diletakkan pada agar miring dengan cara *streak plate*. Pemindahan bakteri merupakan proses purifikasi ini bertujuan untuk

memisahkan bakteri sesuai dengan morfologi bakteri yang sudah diidentifikasi yang diperoleh *single colony*.

Inokulasi koloni bakteri sebanyak 9 koloni terpilih pada agar miring dimasukkan ke erlenmeyer yang berisi media *Lactos Broth* (LB) dan aquades steril lalu di *waterbath* dan atau *shaker* selama 24 jam hingga 48 jam. Isolat bakteri yang telah diinokulasikan pada media LB menunjukkan terdapat peningkatan kekeruhan. Pemisahan agar dan padatan dilakukan secara centrifuge 7000 g selama 10 menit dan akan terjadi pemisahan antara air agar dan endapan. Penggunaan centrifuge untuk memisahkan cairan atau senyawa yang kepadatannya serta berat molekulnya berbeda. Air agar dibuang dan endapannya ditambahkan larutan NaCl sebanyak 30 ml lalu dihomogenkan. Kemudian mengambil satu sampel dan dilakukan pengecekan *optical density* dengan panjang gelombang 600 nm menggunakan spektrofotometer dengan nilai OD >0,6, jika nilai OD <0,6 maka akan dilakukan inkubasi lagi selama tiga hari. Kemudian sampel yang nilai OD sudah >0,6 akan diinokulasikan ke dalam *floating treatment wetland* (Shehzadi *et al*, 2015). Berikut merupakan tahapan kultur bakteri:



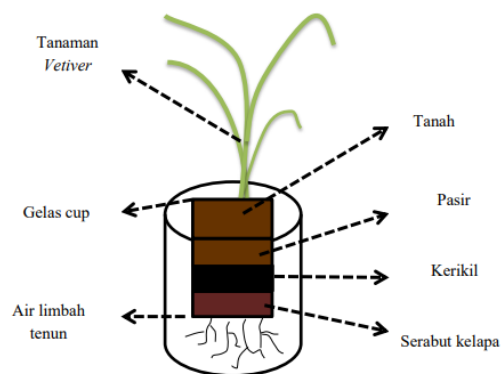
Gambar 3.8 Kultur Bakteri

3.8 Reaktor *Floating Treatment Wetland* (FTW)

3.8.1 Persiapan Reaktor *Floating Treatment Wetland* (FTW)

Pengolahan limbah tenun dengan menggunakan sistem *floating treatment wetland* yaitu salah satu metode remediasi yang memanfaatkan tanaman yang ditanam secara artifisial atau buatan diatas rakit apung yang memungkinkan tanaman secara hidroponik di badan air (Wu *et al.*, 2017; Shahid *et al.*, 2018). Reaktor *Floating Treatment Wetland* (FTW) memanfaatkan tanaman sebagai penghilang polutan organik maupun anorganik, penerapan kombinasi antara tanaman dengan bakteri dapat lebih meningkatkan kinerja dalam penghilangan polutan (Nain *et al.*, 2019).

Pada penelitian ini menggunakan reactor FTW berbentuk jar dengan ukuran reactor sebesar 500 ml. FTW dibuat menggunakan toples yang berdiameter 18 cm dan tinggi 19 cm yang terdapat wadah cup sebagai pengapung tanaman, yang mana di dalam satu toples terdapat 1 buah pot. Media di dalam pot tersebut berupa sabut kelapa (1 cm), kerikil (1 cm), pasir (2 cm) dan tanah (5 cm) (Sa'adah, 2020). Menginokulasi bakteri pada FTW dapat meningkatkan kemampuan dalam mendegradasi limbah tenun sehingga dapat menurunkan kandungan COD pada air limbah tenun. Studi sebelumnya juga menunjukkan pengurangan polutan tertinggi pada air limbah tekstil ketika tanaman dan bakteri bekerja secara sinergis (Shehzadi *et al.*, 2014; Watharkar *et al.*, 2015; Hussain *et al.*, 2018). Penurunan ini dapat disebabkan oleh aktivitas enzimatik gabungan dari bakteri dan tumbuhan untuk mengubah bahan organik menjadi metabolit sederhana (Kabra *et al.*, 2012; Khandare *et al.*, 2013). Berikut merupakan desain dari reactor FTW yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.9 Reaktor *Floating Treatment Wetland* (FTW)

3.8.2 Aklimatisasi Tanaman *Vetiveria Zizanioides*

Sesudah persiapan reactor FTW, selanjutnya tanaman *Vetiver* di aklimatisasi selama 3,5 bulan yang bertujuan untuk mengadaptasi tanaman tersebut ke media dan lingkungan untuk memaksimalkan akar tanaman sebagai pengimplementasian ke air limbah industry tenun. Aklimatisasi tanaman dilakukan dengan memotong daun tanaman sehingga menyisihkan panjang tanaman sekitar 15 cm. (Sa'adah, 2020). Selain itu aklimatisasi tanaman *vetiver* dilakukan dengan mengganti air setiap 2 minggu sekali dengan penambahan pupuk hidroponik (mengandung 2% P₂O₅; 0,10% Fe; 0,10% vitamin B1; and 0,04% NAA). Aklimatisasi tanaman dilakukan di dalam rumah kaca untuk mengendalikan suhu udara pada pertumbuhan tanaman.



(a)



(b)

Keterangan :

- (a) Vetiver sebelum aklimatisasi
- (b) Vetiver sesudah diaklimatisasi

Gambar 3.10 Aklimatisasi tanaman *Vetiveria zizanioides*

3.8.3 Running Reaktor *Floating Treatment Wetland*

Pengujian running reactor *floating treatment wetland* dilakukan setelah kultur bakteri dengan menggunakan kombinasi bakteri dan juga tanaman *Vetivera*. Jumlah reactor yang digunakan disesuaikan dengan jumlah sampel bakteri terpilih yang sudah diisolasi dan diidentifikasi. Reaktor diletakkan di dalam rumah kaca untuk mengendalikan suhu udara pada pertumbuhan tanaman. Bakteri akan ditambahkan disetiap reactor dan pengujian setiap parameter akan dilakukan pada hari ke 0, 4, 11, 18 dan 25.

Setiap reactor di masukkan limbah tenun sebanyak 500 mL. Limbah tersebut dilakukan pengeceran sebanyak 10x dengan konsentrasi warna awal limbah tersebut sebesar 19133 Pt-Co dengan konsentrasi COD sebesar 692 mg/L. Sampel limbah tenun yang terdapat di reaktor yang mengandung bakteri diambil sebanyak 40 mL untuk menguji parameter logam, warna, COD dan uji TPC. Sampel yang dinokulasikan pada *floating treatment wetland* terdapat 9 sampel dengan control yaitu sebagai berikut:

Tabel 3.1 Sampel Untuk *Running Reaktor*

No	Sampel
1	25 mL Sb-2 + 500 mL limbah tenun
2	25 mL Sb-3 + 500 mL limbah tenun
3	25 mL Sb-5+ 500 mL limbah tenun
4	25 mL Sb-6 + 500 mL limbah tenun
5	25 mL Sb-1 + 500 mL limbah tenun
6	25 mL Sc-1 + 500 mL limbah tenun
7	25 mL Sb-4a + 500 mL limbah tenun
8	25 mL Sb-4b + 500 mL limbah tenun
9	25 mL Sb-7 + 500 mL limbah tenun
10	Kontrol tanaman <i>Vetiver</i> + 500 mL limbah tenun
11	Kontrol tanaman <i>Vetiver</i> + air
12	Kontrol 500 mL limbah tenun

Keterangan:

Sb-2 : Isolat bakteri pada pengenceran 10^{-2} dari induk bakteri koloni 2

Sb-3 : Isolat bakteri pada pengenceran 10^{-2} dari induk bakteri koloni 3

Sb-5 : Isolat bakteri pada pengenceran 10^{-2} dari induk bakteri koloni 5

Sb-6 : Isolat bakteri 2 pada pengenceran 10^{-2} dari induk bakteri koloni 1

Sb-1 : Isolat bakteri pada pengenceran 10^{-2} dari induk bakteri koloni 1

Sc-1 : Isolat bakteri pada pengenceran 10^{-3} dari induk bakteri koloni 1

Sb-4a : Isolat bakteri pada pengenceran 10^{-2} dari induk bakteri 4 koloni 1

Sb-4b : Isolat bakteri pada pengenceran 10^{-2} dari induk bakteri 4 koloni 2

Sb-7 : Isolat bakteri 2 pada pengenceran 10^{-2} dari induk bakteri koloni 2



Gambar 3.11 Reaktor *Floating Treatment Wetland*

3.9 Pengujian dan Analisa Data

Pengujian parameter COD berdasarkan pada SNI 6909 2:2009 mengenai cara uji kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand/COD*) dengan refluks tertutup secara spektrofotometri. Pada penelitian ini, menggunakan nilai COD 100 mg/L hingga 900 mg/L dengan panjang gelombang 600 nm dikarenakan kadar sampel berada diatas kisaran. Pengujian dilakukan dengan pembuatan larutan standard dan contoh uji. Konsentrasi larutan standard yang digunakan yaitu pada konsentrasi 100 ppm, 300 ppm, 500 ppm, 700 ppm dan 900 ppm serta sampel yang akan diuji secara refluks tertutup dengan panjang gelombang 600 nm. Masukkan hasil absorbansi larutan standard dan sampel kepersamaan regresi linear yang didapatkan dari kurva kalibrasi. Nilai COD merupakan hasil pembacaan kadar sampel dari kurva kalibrasi. Nilai COD akan diperoleh dengan menggunakan rumus berikut:

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

Keterangan:

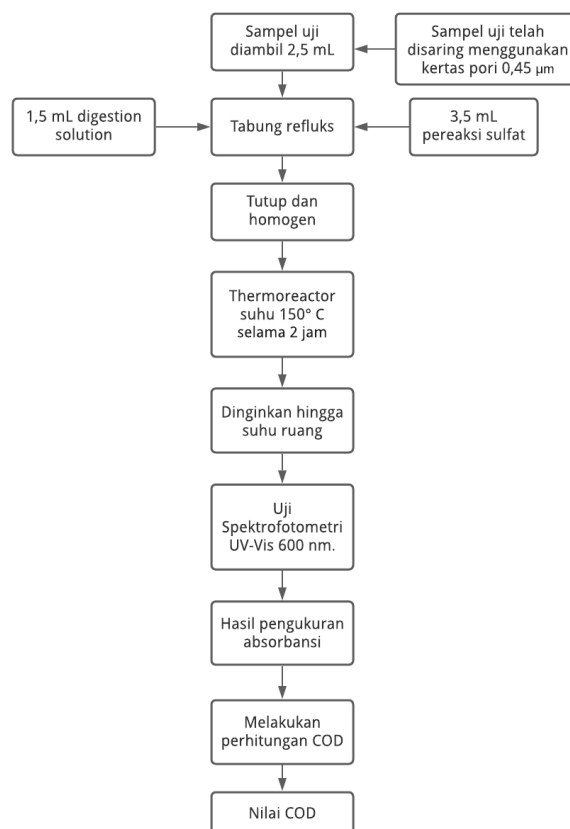
C ialah nilai COD contoh uji, dinyatakan dalam milligram per liter (mg/L)

f ialah factor pengenceran.

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan bahwa kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebelum maupun sesudah dilakukannya pengolahan limbah tenun dengan menggunakan bakteri *indigeneous* terus dilakukan monitoring dan dianalisis untuk melihat potensi keberhasilan bakteri yang sudah dipilih untuk pengolahan limbah industry tenun. Selain itu kandungan COD yang sudah dilakukan pengolahan limbah tenun dibandingkan dengan baku mutu Peraturan Daerah Jawa Tengah No.5 Tahun 2012 bahwa kadar maksimum untuk parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD) pada limbah tenun adalah sebesar 150 mg/l.

Pada pengujian parameter COD dilakukan dengan menganalisis data menggunakan metode persentase removal dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ removal} = \frac{C_{awal} - C_{akhir}}{C_{awal}} \times 100$$



Gambar 3.11 Tahapan COD

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Bakteri *Indigeneous*

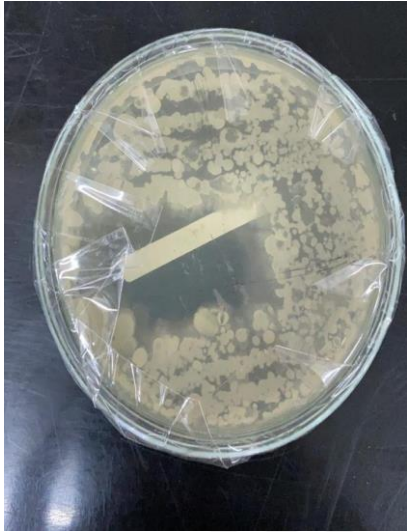
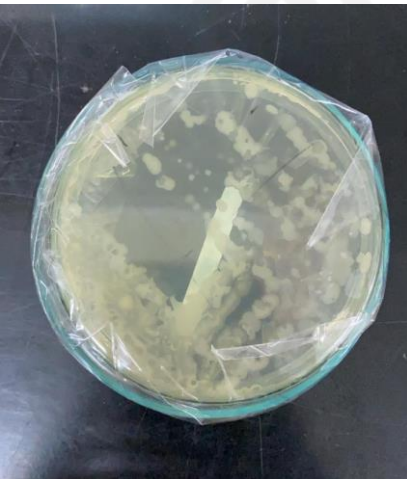
Isolasi bakteri *indigeneous* pada penelitian ini, diperoleh dari serangkaian tahap ekstraksi dan melakukan pengenceran bertingkat secara duplo untuk memperoleh isolate bakteri yang berpotensi dalam mengolah dan mendegradasi limbah tenun. Isolasi yang diperoleh dari serangkaian proses pengenceran untuk memperoleh satu koloni bakteri yang mana setiap koloni terpisah dari satu jenis sel bakteri (Afrianto, 2004). Hasil dari isolasi bakteri pada pengenceran secara duplo bahwa terdapat tiga cawan petri dengan 9 isolat bakteri yang akan diidentifikasi. Sampel dengan koloni bakteri terpilih untuk diinokulasi pada reactor diantaranya yaitu Sb-5, Sb-4b, Sb-6, Sc-1, Sb-2, Sb-3, Sb-4a, Sb-1, Sb-7. Pemilihan koloni tersebut, berdasarkan dari segi bentuk dan warna koloni bakteri yang berbeda dari koloni lain yang dari segi bentuk dan warnanya sama untuk diidentifikasi lebih lanjut. Untuk mengidentifikasi koloni bakteri yang diperoleh dari isolasi bakteri dapat dilakukan dengan menggunakan metode *streak plate* untuk menghasilkan *single colony*. *Streak plate* atau cara gores digunakan untuk mengisolasi bakteri di cawan petri yang akhirnya diperoleh koloni terpisah dan biakan murni. Pemisahan suatu jenis mikroba dengan mikroba lain dilakukan untuk mengetahui morfologi, jenis, fisiologi, mempelajari kultural dan karakteristik (Singleton dan Sainsbury, 2006). Pada koloni terpilih yaitu 9 koloni perlu diidentifikasi lebih lanjut melalui morfologi bakteri dan pewarnaan gram untuk mengetahui sifat gram dan bentuk sel bakteri.

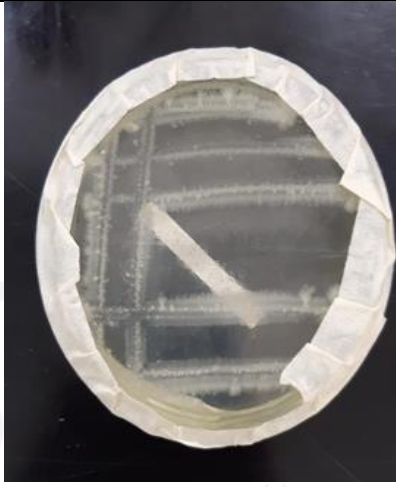

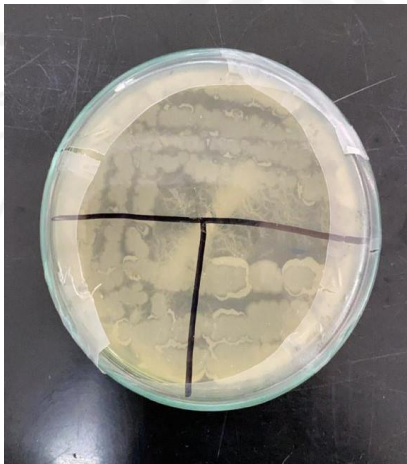
Pada identifikasi bakteri, koloni bakteri yang berpotensi dalam mendegradasi polutan dapat dilihat karakteristik bakteri yang mencakup warna koloni, bentuk koloni, tepi koloni, elevasi koloni, diameter koloni, kepekatan koloni, tipe gram, bentuk sel, ukuran sel (Fidiastuti, 2020).


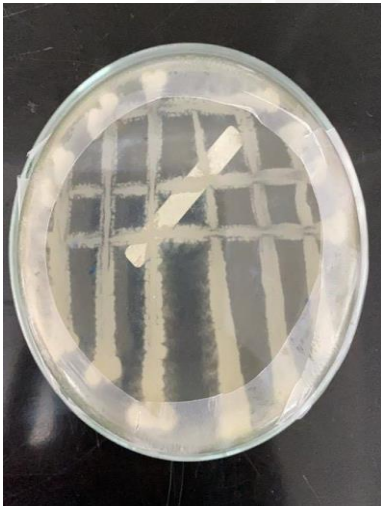
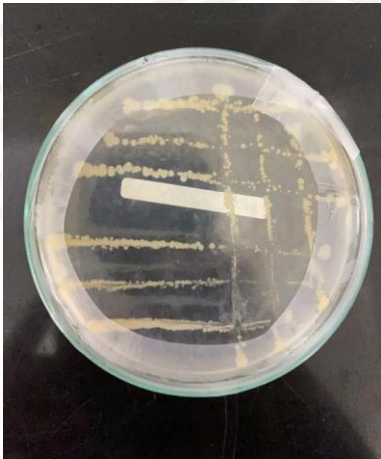
4.1.1 Karakteristik Bakteri *Indigeneous*


Karakteristik morfologi bakteri mengacu pada panduan *introduction to microbiology* bahwa sel morfologi dapat diidentifikasi melalui *shape, margin, elevation, size, appearance, optical property, texture* dan *pigmentation* (ATCC, 2021). Berikut merupakan ciri-ciri morfologi dan pewarnaan gram pada koloni bakteri *indigeneous* yang terpilih:

Tabel 4.1 Morfologi Bakteri

Sampel	Gambar	Morfologi Bakteri	
		Shape	Irregular
Sb-2		Margin	Undulate
		Elevation	Flat
		Size	Small
		Appearance	Dull
		Optical property	Translucent
		Texture	Smooth
		Pigmentation	Non pigmented (off white)
		Sb-3	
Margin	Undulate		
Elevation	Flat		
Size	Moderate		
Appearance	Dull		
Optical property	Transparant		
Texture	Rough		
Pigmentation	Non pigmented (off white)		
Sb-5		Shape	Irregular

		Margin	Entire
		Elevation	Umbonate
		Size	Large
		Appearance	Dull
		Optical property	Translucent
		Texture	Mucoid
		Pigmentation	Non pigmented (off white)
Sb-6		Shape	Irregular
		Margin	Entire
		Elevation	Convex
		Size	Punctiform
		Appearance	Glistening
		Optical property	Transparent
		Texture	Smooth
		Pigmentation	Non pigmented (off white)
Sb-1		Shape	Fillamentous
		Margin	Undulate
		Elevation	Flat
		Size	Large
		Appearance	Dull
		Optical property	Transparent
		Texture	Rough
		Pigmentation	Non pigmented (cream)
Sc-1		Shape	Fillamentous

		Margin	Rhizoid
		Elevation	Flat
		Size	Moderate
		Appearance	Dull
		Optical property	Translucent
		Texture	Rough
		Pigmentation	Non pigmented (off white)
Sb-4a		Shape	Fillamentous
		Margin	Undulate
		Elevation	Flat
		Size	Small
		Appearance	Dull
		Optical property	Translucent
		Texture	Rough
		Pigmentation	Non pigmented (off white)
Sb-4b		Shape	Circular
		Margin	Entire
		Elevation	Flat
		Size	Small
		Appearance	Glistening
		Optical property	Opaque
		Texture	Smooth
		Pigmentation	Non pigmented (cream)
Sb-7		Shape	Circular

	Margin	Entire
	Elevation	Flat
	Size	Punctiform
	Appearance	Glistening
	Optical property	Transparant
	Texture	Smooth
	Pigmentation	Non pigmented (cream)

Berdasarkan tabel morfologi diatas bahwa pada 9 koloni bakteri tersebut terdapat 4 bakteri yang mempunyai karakteristik morfologi sama dengan *shape* yaitu *irregular*. Selain itu terdapat 4 bakteri juga yang mempunyai karakteristik morfologi sama pada *margin* yaitu *undulate*. 7 bakteri *indigeneous* yang mempunyai karakteristik morfologi sama dengan *elevation* yaitu *flat*. Pada umumnya, dari 9 koloni bakteri tersebut mempunyai warna yang dominan yaitu *non pigmented* dengan warna *off white*.

Pada penelitian Mukti, 2020 bahwa bakteri indigenenous dan kombinasi tanaman vetiver dengan system constructed treatment wetland pada kode sampel NA T4 yang memiliki karakteristik koloni 1 (berbentuk lingkaran, elevasi konvex, tidak transparan, warna putih), koloni 2 (berbentuk *irregular*, elevasi *raised*, transparan, warna putih susu), dan koloni 3 (berbentuk *rhizoid*, elevasi *raised*, tidak transparan, warna putih susu) dapat menurunkan parameter COD pada hari ke 16 sebesar 56% dengan konsentrasi awal sebesar 3750 mg/L menjadi 1187,5 mg/L. penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi tanaman vetiver dan bakteri indigeneous dengan sistem CTW mempunyai potensial dalam mengolah limbah tenun khususnya dalam mendegradasi parameter COD.

Menurut penelitian Ismail, 2020 bahwa hasil pengujian bakteri *indigeneous* pada sampel NA T2 C2 mempunyai karakteristik koloni berbentuk *irregular*, kromogenesis atau pigmented berwarna putih, elevasi flat, permukaan koloni *smooth*, *opacity* pada koloni yaitu *opaque*, konsistensi koloni adalah *viscid* dengan sifat gram positif dan bentuk sel adalah basil. Bakteri tersebut pada konsentrasi limbah tenun 25% mampu meremoval kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 93,89%. Hal ini disebabkan karena kemampuan bakteri dapat dilihat seberapa besar konsentrasi limbah yang akan diolah karena semakin rendah konsentrasi limbah maka semakin besar kandungan COD yang dapat diturunkan (Fadhilah *et al*, 2018).

Selain melakukan pengamatan morfologi bakteri juga dilakukan pengamatan pewarnaan gram. Pewarnaan gram merupakan suatu teknik pewarnaan untuk mengategorikan bakteri ke dalam dua kelompok yaitu gram positif dan gram negatif. Menurut Rostinawati (2008) tujuan dilakukan pewarnaan adalah untuk mengetahui karakteristik dari bakteri tersebut dan mengelompokkan bakteri gram positif dan negatif.

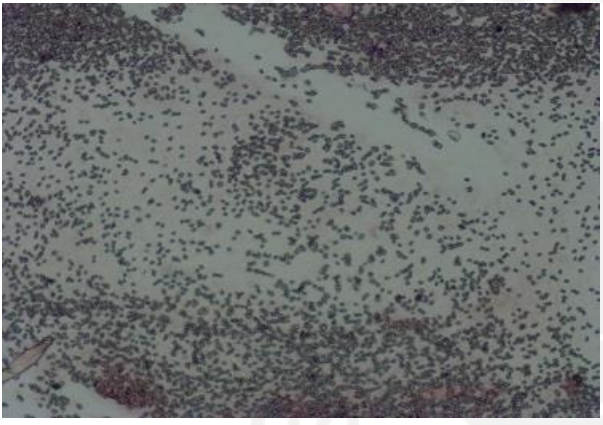
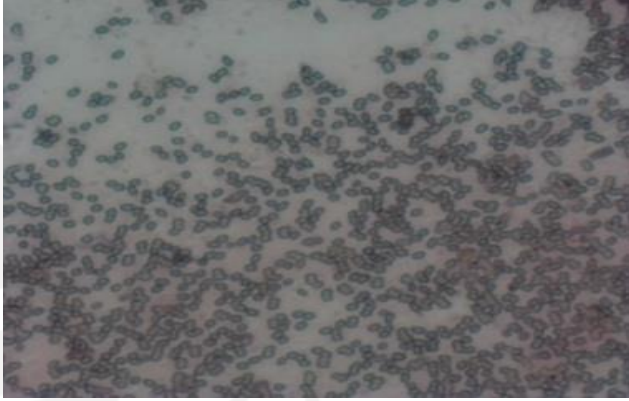
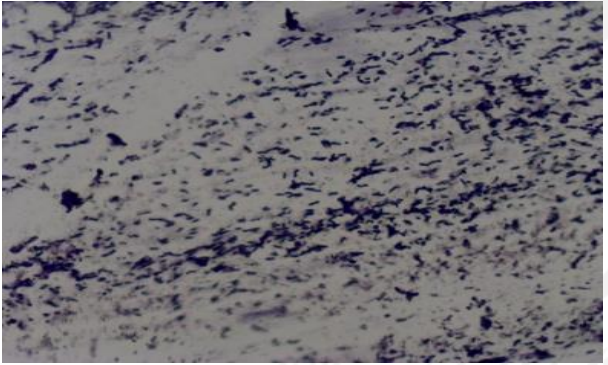
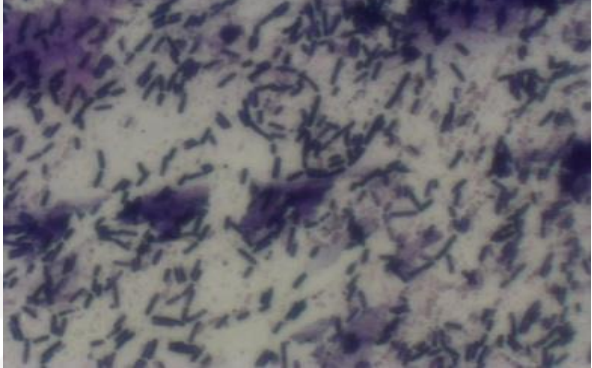
Berdasarkan hasil pengujian pewarnaan bahwa terdapat 6 bakteri yang mempunyai sifat gram positif diantaranya Sb-3, Sb-5, Sb-6, Sc-1, Sb-4b yang mempunyai bentuk sel basil dan Sb-1 bentuk sel kokus. Sedangkan 3 bakteri lainnya mempunyai sifat gram negatif yaitu Sb-2, Sb-4a dan Sb-7 dengan bentuk sel kokus. Bentuk sel basil dari hasil hasil pengujian 5 bentuk sel basil dan 4 bentuk sel kokus.

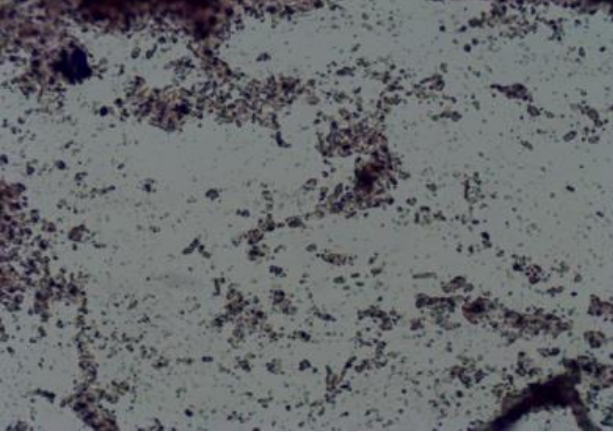
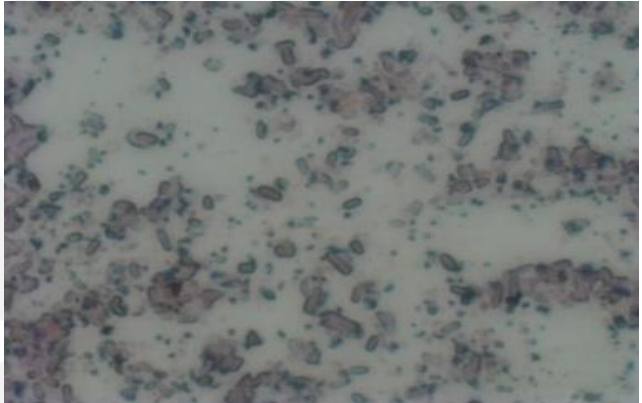
Bakteri gram positif memiliki gram berwarna ungu dan bakteri gram negatif memiliki gram berwarna merah. Perbedaan kedua warna gram tersebut disebabkan adanya struktur dinding sel pada bakteri yang mana pada bakteri gram positif mempunyai struktur dinding sel yang mengandung peptidoglikan yang tebal sedangkan gram negatif mempunyai struktur dinding sel yang mengandung lipid yang tinggi (Fitri dan Yekki, 2011).

Berikut merupakan hasil pengujian warna pada 9 koloni bakteri *indigeneous* berupa sifat gram dan bentuk sel:

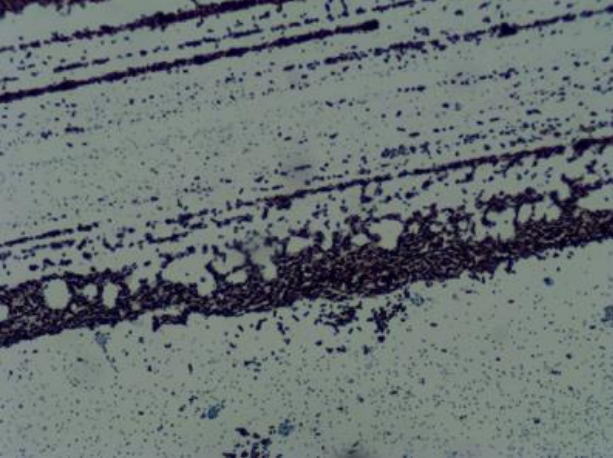
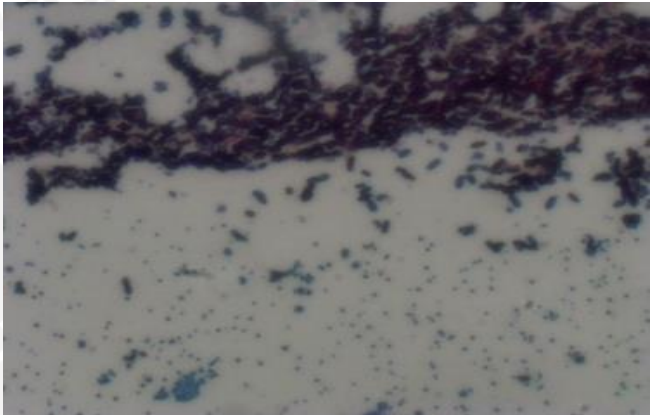


Tabel 4.2 Pewarnaan Gram

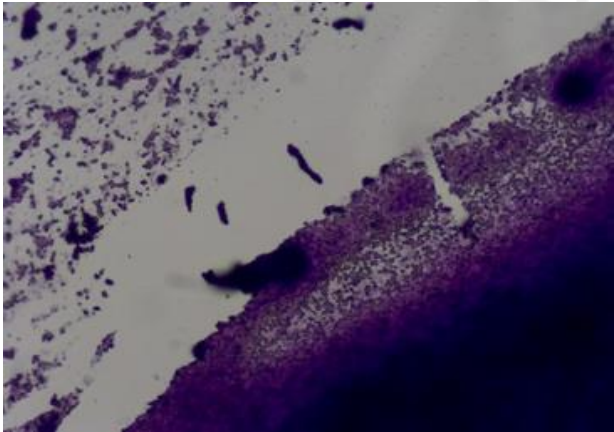
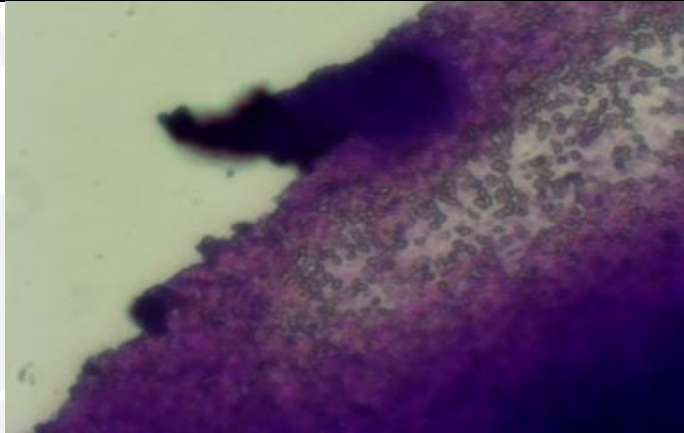
Kode Sampel	Perbesaran 40x	Perbesaran 100x	Sifat Gram	Bentuk Sel
Sb-2			Negatif	Coccus
Sb-3			Positif	Basil

Kode Sampel	Perbesaran 40x	Perbesaran 100x	Sifat Gram	Bentuk Sel
Sb-5			Positif	Basil

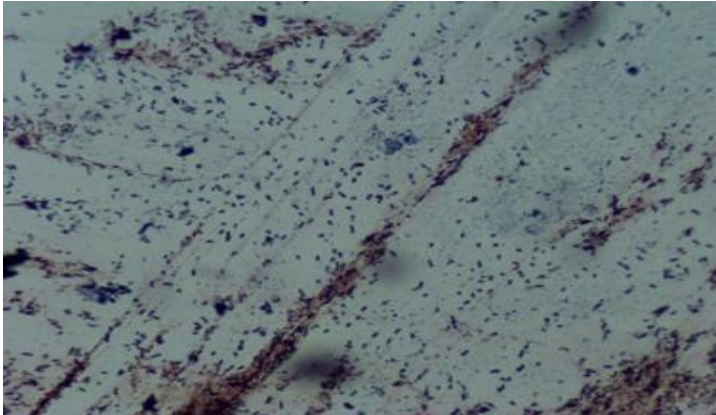
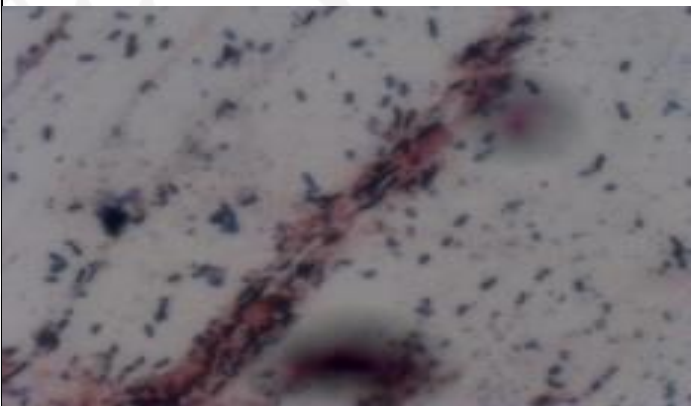


Kode Sampel	Perbesaran 40x	Perbesaran 100x	Sifat Gram	Bentuk Sel
Sb-6			Positif	Basil

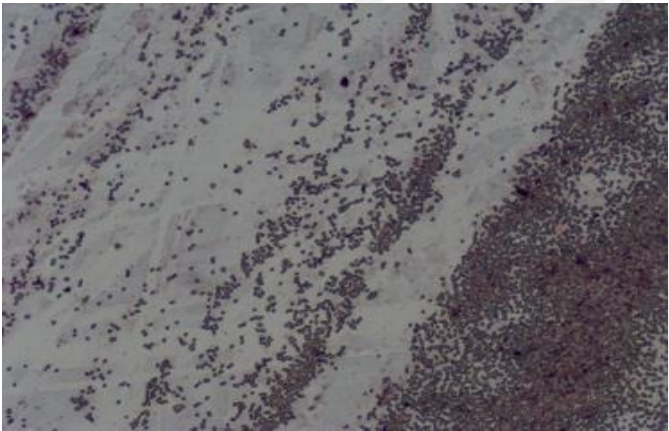
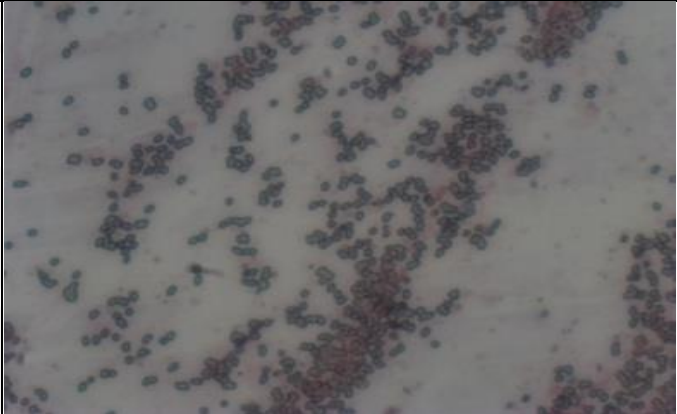
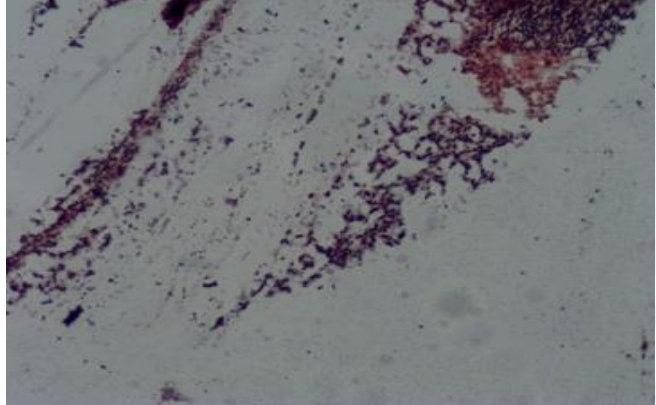
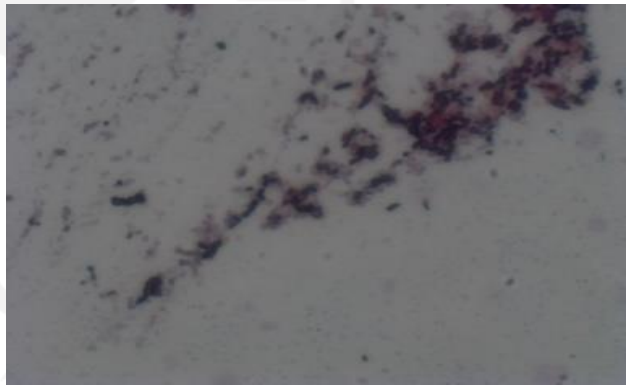


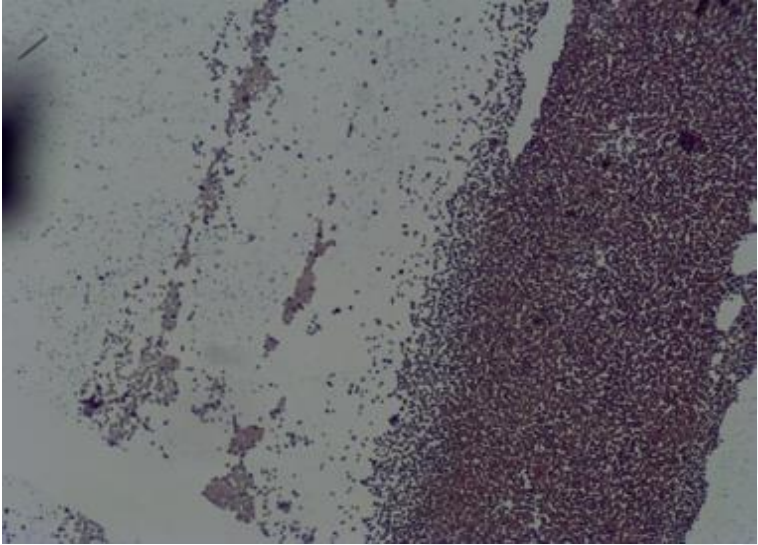
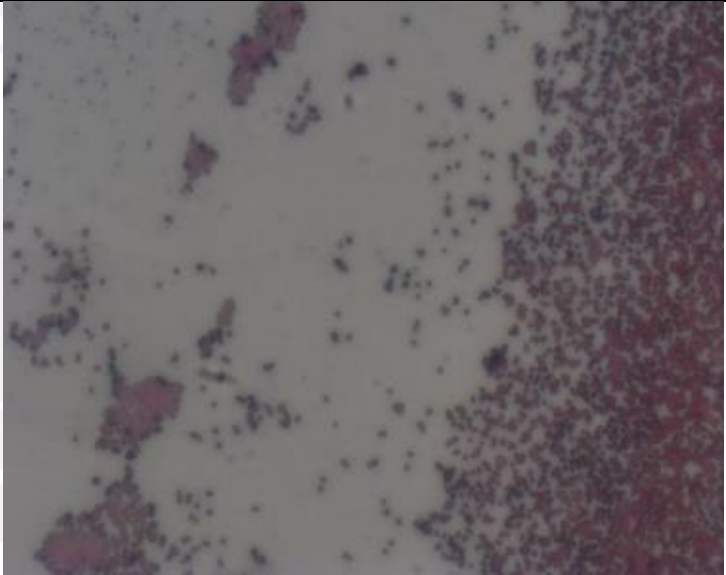
Kode Sampel	Perbesaran 40x	Perbesaran 100x	Sifat Gram	Bentuk Sel
Sb-1			Positif	Coccus



Kode Sampel	Perbesaran 40x	Perbesaran 100x	Sifat Gram	Bentuk Sel
Sc-1			Positif	Basil



Kode Sampel	Perbesaran 40x	Perbesaran 100x	Sifat Gram	Bentuk Sel
Sb-4a			Negatif	Coccus
Sb-4b			Positif	Basil

Kode Sampel	Perbesaran 40x	Perbesaran 100x	Sifat Gram	Bentuk Sel
Sb-7			Negatif	Coccus



Selain itu, identifikasi bakteri juga dilakukan analisis pengukuran nilai *Optical Density* (OD) dengan menunjukkan hasil pengukuran absorbansi pada 9 koloni bakteri *indigeneous* dengan menggunakan *spektrofotometer* pada panjang gelombang 600 nm dan nilai OD > 0,6. Berikut merupakan nilai OD hasil pengukuran absorbansi yang berbeda pada setiap sampel bakteri yang terpilih:

Tabel 4.3 Nilai *Optical Density* Bakteri Terpilih

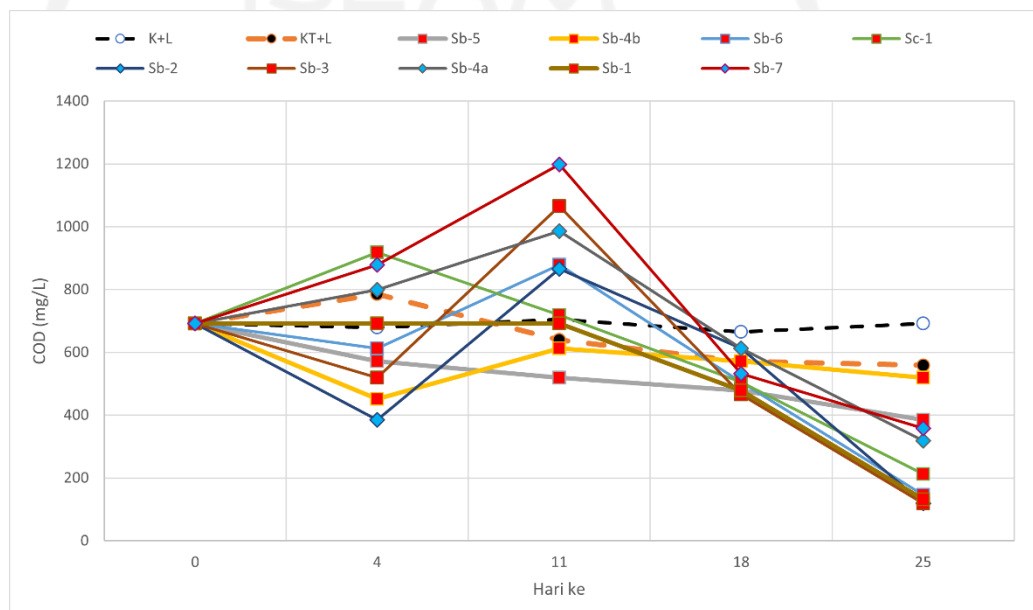
No	Kode Sampel	Nilai OD
1	Sb-2	1,568
2	Sb-3	1,363
3	Sb-5	1,202
4	Sb-6	1,420
5	Sb-1	1,160
6	Sc-1	1,223
7	Sb-4a	1,196
8	Sb-4b	0,840
9	Sb-7	0,898

Berdasarkan hasil pengukuran absorbansi pengujian nilai OD bahwa nilai OD paling tertinggi pada sampel tersebut adalah 1,568 yang berarti menunjukkan bahwa sampel tersebut mengandung banyak bakteri, disebabkan karena terjadinya nutrisi yang mencukupi, pH optimum serta suhu mendukung mengakibatkan densitas bakteri tinggi, sehingga nilai absorbansi dengan menggunakan spektrofotometer, cahaya yang dilewatkan sedikit disebabkan banyaknya cahaya diserap oleh bakteri. Nilai OD berhubungan dengan tingkat kekeruhan, yang mana semakin keruh sampel maka bakteri yang tumbuh banyak karena mengandung sumber nutrisi untuk bakteri berkembang, begitupun sebaliknya (Lizayana, Mudatsir, Iswadi, 2016).

4.2 Uji Parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan jumlah oksigen yang dibutuhkan dalam mengoksidasi bahan organik melalui reaksi kimia yang terdapat pada suatu limbah (Suharto, 2011). Limbah cair tenun yang

mengandung COD dapat diidentifikasi dengan menggunakan metode *refluks* tertutup secara spektrofometri yang mengacu pada SNI 6989.2:2009. Hasil pengujian konsentrasi COD tersebut akan dibandingkan dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang baku mutu air limbah bahwa untuk industri tekstil mempunyai kadar maksimum sebesar 150 mg/L yang digunakan untuk mengendalikan pencemaran limbah. Berikut merupakan hasil pengukuran COD yang dilakukan di laboratorium:



Gambar 4.1 Grafik Konsentrasi COD Selama Running Reaktor

Keterangan:

K+L : Kontrol limbah

KT+L : Kontrol tanaman vetiver dan limbah

Sb-5 : Sampel bakteri gram positif, basil+ vetiver

Sb-4b : Sampel bakteri gram positif, basil+ vetiver

Sb-6 : Sampel bakteri gram positif, basil+ vetiver

Sc-1 : Sampel bakteri gram positif, basil+ vetiver

Sb-2 : Sampel bakteri gram negatif, kokus+ vetiver

Sb-3 : Sampel bakteri gram positif, basil+ vetiver

Sb-4a : Sampel bakteri gram negatif, kokus+ vetiver

Sb-1 : Sampel bakteri gram positif, kokus+ vetiver

Sb-7 : Sampel bakteri gram negatif, kokus+ vetiver

Berdasarkan grafik hasil pengujian COD bahwa pada kontrol limbah di hari ke 0 hingga ke 25 mengalami grafik yang cenderung stabil, tetapi pada hari ke 11 dan hari ke 25 mengalami kenaikan yang disebabkan factor lingkungan seperti adanya oksigen terlarut didalam limbah (Rizki dkk, 2007), tetapi terjadi sedikit penurunan di hari ke 4 dan di hari ke 18 hal ini dapat disebabkan karena senyawa organic di dalam limbah mudah terurai karena padatan tersuspensi pada limbah lebih banyak yang mengendap dari pada yang terlarut. Hal ini didukung oleh (Metcalf dan Eddy, 2003) bahwa sebanyak 60% padatan tersuspensi di air limbah adalah padatan yang mengendap.

Pada kontrol tanaman vetiver dan limbah tenun pada hari ke 4 mengalami kenaikan sebesar 785 mg/L yang disebabkan karena tanaman masih melakukan penyesuaian terhadap limbah tetapi hari ke 11 hingga hari ke 25 grafik mengalami penurunan sebesar 559 mg/L pada hari ke 25 sehingga pemanfaatan tanaman *vetiver* sebagai agen fitoremediasi efektif dalam mengolah limbah tenun. Penurunan nilai COD terhadap kontrol tanaman *vetiver* dan limbah tenun disebabkan karena secara alamiah terdapatnya proses penguraian senyawa organic dan penyerapan oleh tanaman terhadap limbah (Rachmawan, 2019). Selain itu, akar tanaman merupakan peran utama dalam mengurangi kandungan COD (Gunawan, 2009).

Penurunan signifikan dari grafik tersebut dari 9 bakteri *indigeneous* terdapat 3 bakteri *indigeneous* yang mengalami penurunan signifikan yang memiliki nilai dibawah kontrol dari hari ke 0 hingga hari ke 25 yaitu pada sampel Sb-5, Sb-1, Sb-4b dengan bakteri gram positif yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi limbah tenun dengan baik.

Pada reactor yang mengandung tanaman *vetiver* dan limbah tenun dengan bakteri Sb-5 mengalami penurunan signifikan dari hari ke 0 hingga hari ke 25 yang mana konsentrasi awal sebesar 692 mg/L menjadi 385 mg/L. Hal ini membuktikan bahwa pengolahan limbah dengan kombinasi bakteri dan tanaman *vetiver* mampu mendegradasi zat organic yang terdapat dalam

limbah tenun yang bekerja secara optimal. Penurunan ini dapat disebabkan oleh aktivitas enzimatis gabungan dari bakteri dan tumbuhan untuk mengubah bahan organik menjadi metabolit sederhana (Kabara *et al.*, 2012; Khandare *et al.*, 2013).

Pada sampel Sb-4b mengalami penurunan di hari ke 4 sebesar 452 mg/L dan mengalami kenaikan di hari ke 11 sebesar 612 mg/L, tetapi pada hari ke 18 dan 25 mengalami penurunan secara signifikan dan masih dibawah nilai kontrol. Nilai konsentrasi COD masih naik turun diakibatkan karena bakteri masih beradaptasi dengan limbah tenun untuk berkembang biak. Nilai COD yang tinggi disebabkan karena adanya factor lingkungan yang mempengaruhi, contohnya terdapatnya oksigen terlarut yang terdapat dalam reactor cukup untuk membantu bakteri dalam menguraikan zat pencemar dalam reactor. Selain itu limbah tenun mengandung senyawa organik yang tinggi yang berasal dari proses pewarnaan sehingga menyebabkan nilai COD tersebut tinggi (Rizki *et al.*, 2015). Sb-1 pada hari ke 0 hingga hari 11 mengalami konsentrasi COD yang konstan sebesar 692 mg/L, tetapi mengalami penurunan yang signifikan hingga hari ke 25 sebesar 132 mg/L yang telah memenuhi baku mutu air limbah yang telah ditetapkan oleh Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 yang mana untuk parameter COD sebesar 150 mg/L untuk kegiatan industri tekstil dan batik.

Bakteri yang konstan tersebut dikarenakan masih berkembang biak secara lambat terhadap pertumbuhannya dan konstan yang disebabkan karena adanya kondisi baru pada air limbah yang mana fase ini disebut dengan *lag phase*. Namun, setelah beberapa waktu bakteri berkembangbiak akan berlipat ganda yang disebut dengan fase *accelerastion phase*. Setelah tahap ini bakteri akan terus meningkat pertumbuhannya yang disebut dengan *log phase* (Dewi, 2007). Penurunan sedang pada grafik tersebut pada sampel Sb-7, Sb-4a, Sb-2 yang memiliki gram negatif serta Sb-6 dan Sc-1 Sb-3 merupakan bakteri gram positif yang memiliki grafik berfluktuasi dan konsentrasi COD dibawah nilai kontrol.

Sb-6 mengalami kenaikan dihari ke 11 sebesar 879 mg/L namun mengalami penurunan hingga hari ke 25 sebesar 145 mg/L, tetapi pada hari ke 11 konsentrasi tersebut masih diatas nilai kontrol. Adanya kenaikan konsentrasi tersebut di waktu tertentu disebabkan karena bakteri tersebut masih membutuhkan waktu untuk berkembang biak terhadap limbah dan memunculkan kompetisi bakteri sehingga menyebabkan kemampuan dalam mengurangi parameter COD tersebut berkurang (Miwada, Lindawati dan Tatang, 2006). Namun pada hari ke 25 pada sampel Sb-6 telah memenuhi baku mutu air limbah yang telah ditetapkan oleh Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 yang mana untuk parameter COD sebesar 150 mg/L untuk kegiatan industri tekstil dan batik. Sc-1 mengalami kenaikan konsentrasi pada hari ke 4 sebesar 919 mg/L menjadi 212 mg/L pada hari ke 25 dan diatas nilai kontrol. Adanya kenaikan konsentrasi disebabkan karena bakteri masih beradaptasi dengan limbah untuk berkembang biak (Miwada, Lindawati dan Tatang, 2006).

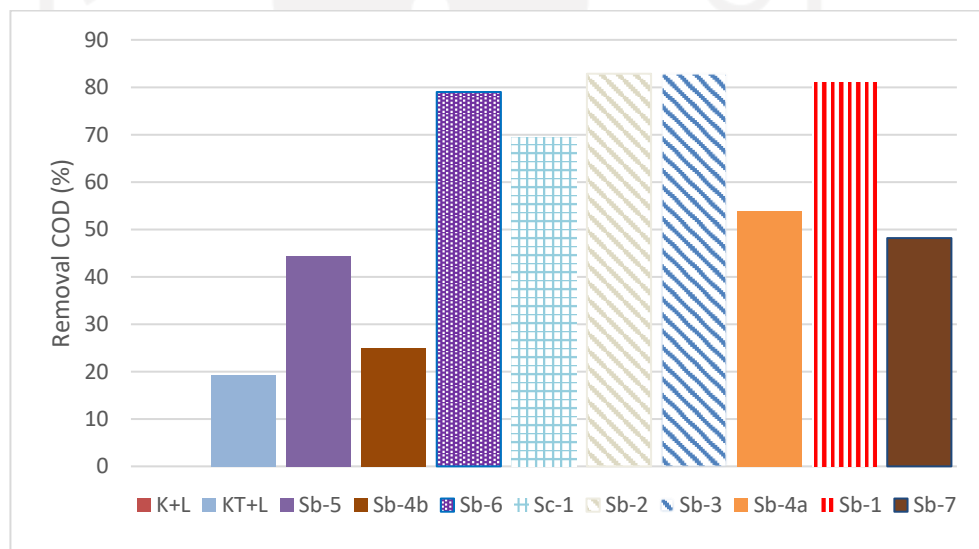
Pada sampel Sb-2 juga mengalami penurunan di hari ke 4 sebesar 385 mg/L dan mengalami kenaikan dihari ke 11 sebesar 865 mg/L tetapi mengalami penurunan hingga hari ke 25 sebesar 119 mg/L yang mana pada hari ke 11 konsentrasi COD diatas nilai kontrol. Pada hari ke 25 konsentrasi tersebut sudah memenuhi baku mutu yang sudah diatur oleh Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan industri tekstil dan batik sebesar 150 mg/L. Pada hari ke 11 sampel Sb-3 mengalami kenaikan konsentrasi sebesar 1065 mg/L tetapi mengalami penurunan konsentrasi COD hingga di hari ke 25 sebesar 119 mg/L dan konsentrasi COD di hari ke 11 diatas nilai kontrol.

Pada sampel Sb-7, Sb-4a dan Sb-3 mengalami kenaikan di hari ke 11 sebesar 1199 mg/L, 985 mg/L, 1065 mg/L tetapi mengalami penurunan hingga ke hari 25. Konsentrasi COD yang tinggi disebabkan karena bakteri masih beradaptasi terhadap limbah untuk berkembang biak. Pada hari ke 25 sampel Sb-3 sudah memenuhi baku mutu air limbah sebesar 119 mg/L yang telah ditetapkan oleh oleh Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5

Tahun 2012 tentang baku mutu air limbah untuk kegiatan industri tekstil dan batik sebesar 150 mg/L

4.3 Efisiensi Removal Bakteri *Indigeneous* Terhadap Parameter COD

Pengolahan limbah tenun dengan menggunakan bakteri *indigeneous* merupakan solusi dalam menangani zat pencemar yang terdapat dalam limbah, khususnya yaitu pada parameter *Chemical Oxygen Demand* (COD). Maka dari itu, dibutuhkan persen removal bakteri *indigeneous* terhadap parameter COD untuk mengetahui kemampuan dan efektivitas bakteri *indigeneous* dalam menurunkan parameter COD di dalam air limbah. Berikut merupakan grafik efisiensi removal COD:



Gambar 4.2 Efisiensi Removal COD

Berdasarkan grafik efisiensi removal COD terhadap bakteri *indigeneous* menunjukkan bahwa pada kode sampel Sb-2 dan Sb-3 mempunyai persen removal sebesar 83%, Sb-1 sebesar 81%, Sb-6 sebesar 79%, Sc-1 sebesar 69%, Sb-4a sebesar 54%, Sb-5 sebesar 44%, Sb-7 sebesar 48% dan Sb-4b sebesar 25%.

Efisiensi removal tinggi terdapat pada hari ke 25 pada sampel Sb-2 yang memiliki bakteri gram negatif dengan bentuk sel kokus dan Sb-3 memiliki bakteri gram positif dengan bentuk sel basil yaitu sebesar 83% yang

sangat efektif dalam mendegradasi parameter COD pada limbah tenun. Selain itu, bakteri juga yang efektif dalam mendegradasi COD dalam limbah tenun terdapat pada kode sampel Sb-1 memiliki gram positif dengan bentuk sel kokus yaitu sebesar 81%, Sb-6 dan Sc-1 memiliki bakteri gram positif dengan bentuk sel basil yaitu sebesar 79% dan 69%. Penurunan COD dapat menurun jika mengkombinasikan tanaman dan bakteri dengan efisiensi removal sebesar 80-93% (Rehman, 2018). Pada kode sampel Sb-4a memiliki bakteri gram negatif dengan bentuk sel kokus sebesar 54%, Sb-5 yang memiliki bakteri gram positif dengan bentuk sel basil yaitu sebesar 44%, Sb-7 memiliki bakteri gram negatif dengan bentuk sel kokus yaitu sebesar 48% juga efektif dalam mendegradasi COD dalam limbah tenun tetapi dengan efektivitasnya dalam mendegradasi COD rendah. Sedangkan efisiensi removal terendah terdapat pada sampel Sb-4b yang memiliki gram positif dengan bentuk sel basil yaitu sebesar 25% dihari ke 25. Hal ini menunjukkan bahwa pengurangan polutan tertinggi pada air limbah tekstil ketika tanaman dan bakteri bekerja secara sinergis (Shehzadi et al., 2014; Watharkar et al., 2015; Hussain et al., 2018). Kombinasi tanaman *vetiver* dan bakteri *indigeneous* dengan menggunakan sistem *constructed wetland* dalam pengolahan limbah tenun dapat meremoval COD sebesar 51% (Mukti, 2020). Selain itu, pengolahan limbah tekstil dengan memanfaatkan tanaman dan bakteri pada sistem *floating treatment wetland* lebih meningkatkan kinerja penghilangan zat organik maupun anorganik dengan efisiensi removal COD sebesar 92% (Tara et al., 2019).

Peningkatan removal dapat disebabkan pada waktu pengolahan, dimana semakin bertambahnya waktu pengolahan maka akan memberikan waktu peluang kontak antara bakteri dengan air limbah yang menyebabkan penurunan COD semakin meningkat. Bakteri yang terkandung di dalam air limbah akan menguraikan bahan organik menjadi lebih sederhana dan akan dimanfaatkan oleh tanaman sebagai nutrient, selain itu pada akar tanaman air akan menghasilkan oksigen yang berfungsi sebagai sumber energi untuk proses metabolisme bagi kehidupan bakteri (Abdulgani et al., 2014).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil identifikasi bakteri menunjukkan bahwa terdapat 9 isolat bakteri *indigeneous* yang mempunyai morfologi atau karakteristik morfologi bakteri yang berbeda-beda. 9 isolat bakteri *indigenenous* mempunyai 6 bakteri gram positif dan 3 bakteri gram negatif dengan 5 bentuk sel basil dan 4 bentuk sel kokus.
2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa bakteri *indigeneous* mempunyai efektivitas yang berbeda-beda dalam mendegradasi parameter COD. Pada 9 isolat terdapat 5 isolat bakteri yang sangat efektif dalam mendegradasi parameter COD pada limbah tenun yaitu pada kode sampel Sb-2 memiliki bakteri dengan gram negatif dan bentuk sel kokus dan Sb-3 memiliki bakteri gram positif dengan bentuk sel basil yaitu sebesar 83%, Sb-1 memiliki bakteri gram positif dan bentuk sel kokus sebesar 81%, Sb-6 sebesar 79% dan Sc-1 sebesar 69% dengan bakteri gram positif dan bentuk sel basil. Sedangkan bakteri yang mempunyai efektivitas terendah dalam mendegradasi parameter COD yaitu pada sampel Sb-4a memiliki bakteri gram negatif dan bentuk sel kokus sebesar 54%, Sb-5 memiliki bakteri gram positif dan bentuk sel basil yaitu sebesar 44%, Sb-7 memiliki bakteri gram negatif dan bentuk sel kokus sebesar 48%, dan Sb-4b sebesar 25% yang memiliki bakteri gram positif dengan bentuk sel basil.

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat diberikan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Perlu penelitian lanjutan mengenai gabungan bakteri *indigeneous* atau konsorsium untuk menggabungkan setiap jenis bakteri tersebut

dan diidentifikasi lebih lanjut untuk mendapatkan hasil yang lebih efektif dalam mendegradasi limbah cair industri tenun.

2. Penelitian selanjutnya supaya lebih memperhatikan waktu dan mempertimbangkan metode ketika melakukan sampling untuk memperjelas kemampuan bakteri dalam mendegradasi parameter COD.



DAFTAR PUSTAKA

- Abdulgani, Hamdani., Munifatul Izzati., Sudarno. 2014. **Kemampuan Tumbuhan *Typha Angustifolia* Dalam Sistem *Subsurface Flow Constructed Wetland* Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Kerupuk (Studi Kasus Limbah Cair Sentra Industri Kerupuk Desa Kenanga Kecamatan Sindang Kabupaten Indramayu Jawa Barat).** *Bioma*, 16:90-101.
- Addina, G., 2014. **Evaluasi Kadar Bakteri Di Udara Dengan Menggunakan Media Plate Count Agar (PCA) Berdasarkan Tinggi Secara Vertikal Di Departemen Bedah Mulut RSGMP FKG USU Dengan Metode Total Plate Count (TPC).** Universitas Sumatera Utara
- Afrianto, L. 2004. **Menghitung Mikroba Pada Bahan Makanan, Cakrawala (Suplemen Pikiran Rakyat Untuk IPTEK).** Fakultas Matematika Ilmu dan Pengetahuan Alam, Program Studi Farmasi, Institut Teknologi Bandung (ITB), Bandung.
- Alaerts, G dan Santika. 2007. **Metode Penelitian Air.** Usaha Nasional : Surabaya.
- Arslan, M., Imran, A., Khan, Q.M., Afzal, M. 2017. **Plant-bacteria partnerships for the remediation of persistent organic pollutants.** *Environ. Sci. Pollut. Res*, 24(5),4322-4336.
- Arulanantham, R. et al., 2012. **Alternative Culture Media for Fungal Growth Using Different Formulation of Protein Sources.** *J. Nat. Prod. Plant Resour*, 2(6), pp.697–700.
- ATCC. 2021. **Introduction to Microbiology.** Virginia : University Boulevard Manassas.
- Bayoumi, M. N., Al-Wasify, R. S. and Hamed, S. R. 2014. **Bioremediation of textile wastewater dyes using local bacterial isolates.** *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3: 962-970.

- Carneiro, P. A., A. U. Gisela, P. O. Danielle and M. V. B. Zanoni 2010. **Assessment of water contamination caused by a mutagenic textile effluent/dyehouse effluent bearing disperse dyes.** *J. Hazard. Mater.*, 174: 694–699.
- Couto, Susana R., Johann, F.O., Jose, L.T. 2009. **Removal of synthetic dyes by an eco-friendly strategy.** *Eng. Life Sci*, Vol 9 No. 2:116-123.
- Dewi, I.M. 2008. **Isolasi Bakteri dan Uji Aktifitas Kitinase Termofilik Kasar dari Sumber Air Panas Tinggi Raja, Simalungun, Sumatera Utara.** Tesis. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Dewi, R.S. 2007. **Penurunan Kadar *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dan *Total Dissolved Solid* (TDS) Pada Air Limbah Domestik Dengan Menggunakan Reaktor *Aerobic Fluidized Bed Media Styrofoam Saat Start Up*.** Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia : Yogyakarta.
- Fidiastuti, H.R., Lathifah, A.S., Amin, M., Utomo, Y. 2020. **Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigen Pengurai Lemak Pada Limbah Cair Batik Tulungagung.** *Jurnal Bioeksperimen*, Vol.6 (1), 29-35.
- Fitri, L. Yekki Yasmin. 2011. **Isolasi dan Pengamatan Morfologi Koloni Bakteri Kitinolitik.** *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi, Biologi Edukasi*, 3(2):20-25.
- Gowri, A.K., Karunakaran, M.J., Muthunarayanan, V., Ravindran, B., Nguyen-Tri, P., Ngo, H.H., Bui, X.T., Nguyen, X.H., Nguyen, D.D., Chang, S.W., Chandran, T. 2020. **Evaluation of bioremediation competence of indigenous bacterial strains isolated from fabric dyeing effluent.** *Bioresource Technology Reports*, (11):100536.
- Hadiwidodo, Mochtar., Haryono, S.H., Indrasarimmawati. 2009. **Penurunan Warna, COD dan TSS Limbah Cair Industry Tekstil Menggunakan Teknologi *Dielectric Barrier Discharge* Dengan**

- Variasi Tegangan dan Flow Rate Oksigen.** Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik UNDIP : Semarang.
- Hammer, M. J and M.J Hammer, Jr. (2008). **‘Water and Wastewater Technology’.** Sixth Edition. Pearson Prentice Hall. New Jersey. 41.
- Holkar, C.R., et. al. 2016. **A Critical Review on Textile Wastewater Treatments: Possible Approaches.** *Journal of Environmental Management* 182, 351 – 366
- Hussain, Farhana., Karim, M.R., Hossain, F., Hassan, F. 2018. **Isolation, identification and characterization of dye degrading bacteria from dyeing industry effluent and degradation process optimization against Novacron Red SB.** *Asian J Agri and Biol*, 6(4):461-471.
- Hussain, Z., Arslan, M., Malik, M. H., Mohsin, M., Iqbal, S., Afzal, M. (2018). **Treatment of the textile industry effluent in a pilot-scale vertical flow constructed wetland system augmented with bacterial endophytes.** *Science of the Total Environment*, 645:966-973.
- Imanto Suyanto. 2008. **Penurunan BOD dan COD Limbah Cair Industri Tekstil di Kabupaten Pekalongan Dengan Metode Multi Soil Layering.** Fakultas Sains dan Teknik, Program Studi Kimia, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Irianto, K. 2012. **Mikrobiologi Menguak Dunia Mikroorganisme Jilid 1.** Bandung: Yurma Widya.
- Ismail, M. 2020. **Efektifitas Bakteri *Indigeneous* Dalam Mendegradasi *Chemical Oxygen Demand (COD)* Pada Limbah Tenun.** Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia : Yogyakarta.
- Jadhav, J.P., S.S. Phugare, R.S. Dhanve and S.B. Jadhav. 2010. **Rapid biodegradation and decolorization of direct orange 39 (orange TGLL) by an isolated bacterium *Pseudomonas aeruginosa* strain BCH.** *Biodegradation*, Vol 21, 453–463.

- Kabra AN, Khandare RV, Govindwar SP. 2012. **Development of a bioreactor for remediation of textile effluent and dye mixture: A plant-bacterial synergistic strategy.** *Water Res*, 47: 1036–1048.
- Keizer-Vlek, H. E., Piet F.M. Verdonschot, Ralf C.M. Verdonschot, Dorine Dekkers. 2014. **The Contribution of Plant Uptake to Nutrient Removal by Floating Treatment Wetlands.** *Ecological Engineering*, Vol. 73, 684–690.
- Khandare RV, Kabra AN, Kadam AA, Govindwar SP. 2013. **Treatment of dye containing wastewaters by a developed lab scale phytoreactor and enhancement of its efficacy by bacterial augmentation.** *Int Biodeterior Biodegrad*, 78: 89–97.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2002. **Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Tekstil.** Informasi Lingkungan Hidup No.4, Jakarta.
- Lade, H., Kadam, A., Paul, D. and Govindwar, S. 2015. **Biodegradation and detoxification of textile azo dyes by bacterial consortium under sequential microaerophilic/aerobic processes.** *Experimental and Clinical Sciences International Online Journal for Advances in Science*, 14: 158-174.
- Lay & Jutono. (2016). **Dalam Buku Panduan Praktikum Mikrobiologi.** Fakultas Farmasi Universitas Sanata Dharma.
- Lizayana, Mudatsir, Iswadi. 2016. **Densitas Bakteri Pada Limbah Cair Pasar Tradisional.** *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*, Volume 1, 95-106.
- Mahmood, R., Sharif, F., Ali, S., and Hayyat, M.U. 2013. **Bioremediation of Textile Effluent by Indigenous Bacterial Consortia And Its Effects on Zea mays L. CV C1415.** *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 23(4), 1193-1199.
- Martiningsih., Rahmi, S.U. 2019. **Efektifitas Bakteri Indigeneous Limbah Cair Batik Untuk Dekolorisasi Sisa Pencelupan Tekstil Dengan Zat Warna Remazol Blue.** *Jurnal Teknologika*, Vol 9, No.2.

- Mayanti,B dan Hertto Dwi Arysyadi.2009. **Identifikasi Keberagaman Bakteri Pada Comercial Seed Pengolah Limbah Cair Cat.** Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Metcalf, W. and Eddy, C. 2003. **Metcalf and Eddy Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, Wastewater Engineering: Treatment and Reuse McGraw Hill.** New York, NY
- Miwada, I., Lindawati, S. and Tatang, W. (2006). **TINGKAT EFEKTIVITAS ‘STARTER|’ BAKTERI ASAM LAKTAT PADA PROSES FERMENTASI LAKTOSA SUSU [The Effectiveness of Lactic Acid Bacteria on Milk Lactose Fermentation Process].** *Journal of the Indonesian Tropical Animal Agriculture.*
- Moertinah, S., Djarwanti., Sartamtomo., Yuliasuti, R., Yuliasni, R. 2010. **Peningkatan Kinerja Lumpur Aktif Dengan Penambahan Karbon Aktif Dalam Pengolahan Air Limbah Industri Tekstil Pewarnaan Dengan Zat Warna Indigo dan Sulfur.** *Jurnal Riset Industri*, Vol. IV, No.1: 23-33.
- Mukti, Erdina Trisna. 2020. **Pengolahan Limbah Cair Tenun Dengan Sistem *Constructed Treatment Wetland* Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver dan Bakteri *Indigeneous*.** Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia : Yogyakarta.
- Murugalatha, N., A. S. A. Mohankumar and C. Rajesh (2010). **Textile effluent treatment by *Bacillus* species isolated from processed food.** *AFR J MICROBIOL RES*, 4(20): 2122-2126.
- Ogugbue, C. J. and Sawidis, T. 2011. **Bioremediation and detoxification of synthetic wastewater containing triarylmethane dyes by *Aeromonas hydrophila* isolated from industrial effluent.** *Biotechnology Research International*, 11: 967925.

- Pandey A, Singh P, Iyenger L. 2007. **Bacterial Decolorization and Degradation of Azo Dyes.** *International Biodeterioration and Biodegradation*, 59: 73-84.
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No 5 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Air Limbah.
- Phugare, S. S., D.C. Kalyani, S. N. Surwase and J. P. Jadhav 2011. **Ecofriendly degradation, decolorization and detoxification of textile effluent by a developed bacterial consortium.** *Ecotox. Environ. Safe.* 74: 1288–96.
- Priadie, B. 2012. **Teknik Bioremediasi Sebagai Alternatif Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air.** Vol.10:38-48.
- Pusparinda, Laella., Irwan Bagyo Santoso. 2016. **Studi Literatur Perencanaan Floating Treatment Wetland di Indonesia.** *Jurnal Teknik ITS*, Vol 5 No.2.
- Rahmawan, A.J., Hefni Effendi, Suprihatin. 2019. **Potensi Rumput Vetiver (*Chrysopogon zizanioides L.*) dan Kangkung (*Ipomoea aquatica Forsk.*) Sebagai Agen Fitoremediasi Limbah Industri Kayu.** *Journal of Natural Resources and Environmental Management*, 9(4):904-919.
- Rakhmawati, Debby., Jati A.W.N., Yulianti, L.I.M. 2018. **Remediasi Limbah Proses Pewarna Naptol Jeans Dengan Sistem Lumpur Aktif Menggunakan Bakteri Indigeneous.** *Jurnal Teknobiologi*, 1-14.
- Ramachandran, K. K and M. Madhumaty. 2016. **Study on Capital Structure and Financial Performance of Indian Textile Industry.** *International Journal of Management*, Vol 7, ISSN: 0975-5853.
- Ratna and Padhi, B. S. 2012. **Pollution due to synthetic dyes toxicity & carcinogenicity studies and remediation.** *International Journal of Environmental Sciences*, 3: 940-955.

- Rehman, Khadeeja et al. 2018. **Inoculation With Bacteria in Floating Treatment Wetland Positively Modulates The Phytoremediation of Oil Field Wastewater.** *Journal of Hazardous Materials*, 349:242-251
- Rizki. Nevya, Endro Sutrisno, Sri Sumiyati. 2015. **Penurunan Konsentrasi COD dan TSS Pada Limbah Cair Tahu Dengan Teknologi Kolam (Pond)- Biofilm Menggunakan Media Biofilter Jaringan Ikan dan Bioball.** Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro : Semarang.
- Rostinawati, T. 2008. **Skrining dan Identifikasi Bakteri Penghasil Enzim Kitinase Dari Air Laut di Perairan Pantai Pondok Bali.** Penelitian Mandiri. Fakultas Farmasi Universitas Padjadjaran Jatinangor.
- Roongtanakiat, Nualchavee., Sutthirak Tangruangkit., Ridthee Meesat. 2007. **Utilization of Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides*) for Removal of Heavy Metals from Industrial Wastewaters.** *ScienceAsia*, Vol.3:397-403.
- R. Ken Retno, Wibowo, N.J., L. Indah Murwarni Yulianti. 2019. **Peranan Bakteri *Indigeneous* Dalam Degeadasi Limbah Cair Pabrik Tahu.** *Biota*, 4(1):8-15.
- Sa'adah, Nurun Nailis. 2020. **Pengolahan Limbah Cair Tenun Dengan Sistem Floating Treatment Water (FTW) Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver dan Bakteri Endofit.** Skripsi. Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia : Yogyakarta.
- Saratale, R. G., G. D. Saratale, , D. C. Kalyani, J. S. Chang and S. P. Govindwar (2009). **Enhanced decolorization and biodegradation of textile azo dye Scarlet R by using developed microbial consortium-GR.** *Bioresource Technol*, 100: 2493–2500.
- Sastrawidana, I D.K., Maryam, S. dan Sukarta, I N. 2012. **Perombakan Air Limbah Tekstil Menggunakan Jamur Pendegradasi Kayu Jenis *Polyporus Sp* Teramobil Pada Serbuk Gergaji Kayu.** *Jurnal Bumi Lestari*, 12 (2), ISSN : 2527-6158.

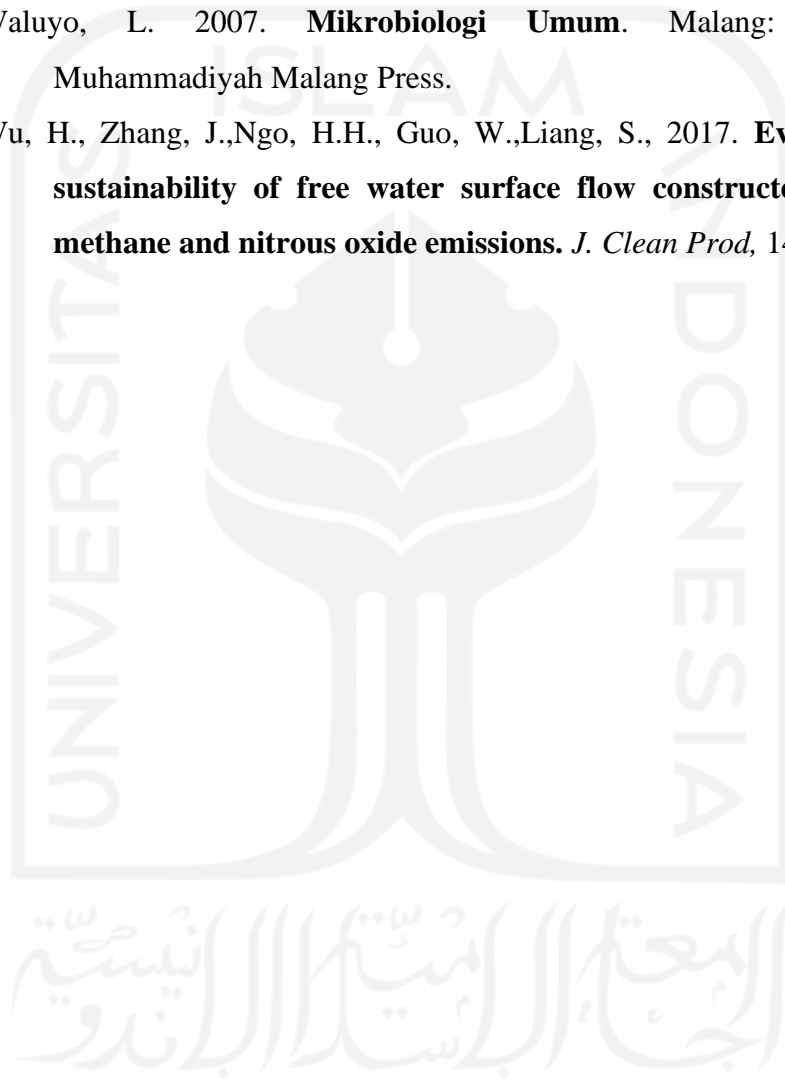
- Shahid, M.J., Arslan, M., Ali, S., Siddique, M., Afzal, M., 2018. **Floating aetlands: a sustainable tool for wastewater treatment.** *Clean. - Soil, Air, Water* 46 (10).
- Sharma.D.K.,H.S Saini,M.Singh, S.S. Chimini, B.S. Chada. 2004. **Isolation and Characterization of Microorganism Capable Of Decolorizing Various Triphenylmethane Dyes.** *Basic Microbiol*, 44:59-65.
- Shehzadi, M., Fatima, K., Imran, A., Mirza, S., Khan, Q.M., Afzal, M. 2015. **Ecology of bacterial endhophytes associated with wetland plants growing in textile effluent for pollutant-degradation and plant growth-promotion potentials.** *Official Journal Of the Societa Botanica Italiana*, 150:1261-1270.
- Singleton and Sainsbury. 2006. **Dictionary of Mikrobiology and Molecular Biology 3rd Edition.** John Wileyand Sons. England. Hal 908.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) Nomor 6989.2:2009 Tentang Uji COD Pada Air dan Air Limbah.
- Stewart, F.M., Mullholland, T., Cunningham, A.B., Kania, B.G., and Osterlund, M.T. 2008. **Floating island as an alternative to constructed wetlands for treatment of excess nutrients from agricultural and municipal waste.** *Land Contamination and Reclamation*,Vol 16(1).
- Suharto. 2011. **Limbah Kimia dalam Pencemaran Udara dan Air.** Andi : Yogyakarta.
- Sulugambari, Z.B. 2018. **Bioremediation Of Local Textile Wastewater Using Indigeneous Bacteria Isolated From Soil Contaminated With Dye Effluent.** Thesis. Kwara State Univesity : Maleta.
- Tambunan, J.A.M., Hefni Effendi, Majariana Krisanti. 2018. **Phytoremediating Batik Wastewater Using Vetiver *Chrysopagon zizanioides* (L).** *Pol.J.Environ.Stud*, Vol. 27(3).
- Tara, Nain., Arslan, Muhammad., Hussain, Zaid., Iqbal, Mazhar., Khan, Q.M., Afzal, Muhammad. 2019. **On site performance of floating treatment wetland macrocosm augmented with dye-degrading**

bacteria for the remediation of textile industry wastewater. *Journal Of Cleaner Production*, 217: 541-558.

Vishnoi, Neha.,Dixit, Sona.,Gupta, Yamini. 2020. **Biodegradation of textile dye effluent through indigeneous bacteria.** University Lucknow, India. *J. Enviro. Sci.Technol*, 7(5):60-65.

Waluyo, L. 2007. **Mikrobiologi Umum.** Malang: Universitas Muhammadiyah Malang Press.

Wu, H., Zhang, J.,Ngo, H.H., Guo, W.,Liang, S., 2017. **Evaluating the sustainability of free water surface flow constructed wetlands: methane and nitrous oxide emissions.** *J. Clean Prod*, 147:152-156.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Parameter COD

Berdasarkan SNI Nomor 6989.2:2009 tentang uji COD pada air dan air limbah. Adapun alat dan bahan yang akan digunakan adalah sebagai berikut :

A. Alat :

- Spektrofotometer sinar tampak (400 nm sampai dengan 700 nm)
- Kuvet
- *Digestion vessel*
- Pemanasan dengan lubang-lubang penyangga tabung (*heating block*)
- Buret
- Labu ukur 50 ml, 100 ml, 250 ml, 500 ml dan 1000 ml
- Gelas piala
- *Magnetic stirrer*
- Timbangan analitik dengan ketelitian 0,1 mg

B. Bahan :

- Air bebas organik
- Kalium dikromat ($K_2Cr_2O_7$)
- Laurtan pereaksi asam sulfat
- Asam sulfamat ((NH_2SO_3H))
- Larutan baku Kalium Hidrogen Ftalat ($HOOC_6H_4COOK, KHP$)
- Perak sulfat (Ag_2SO_4)
- Asam sulfat (H_2SO_4) pekat

Lampiran 2 Data Pengukuran COD

Kode Sampel	Nilai COD (mg/L)				
	0	4	11	18	25
K+L	692	679	705	665	692
KT+L	692	785	639	572	559
Sb-5	692	572	519	479	385
Sb-4b	692	452	612	572	519
Sb-6	692	612	879	505	145
Sc-1	692	919	719	505	212
Sb-2	692	385	865	612	119
Sb-3	692	519	1065	465	119
Sb-4a	692	799	985	612	319
Sb-1	692	692	692	479	132
Sb-7	692	879	1199	532	359

Kode Sampel	Persen Removal (%)			
	4	11	18	25
K+L	2%	-2%	4%	0%
KT+L	-13%	8%	17%	19%
Sb-5	17%	25%	31%	44%
Sb-4b	35%	12%	17%	25%
Sb-6	12%	-27%	27%	79%
Sc-1	-33%	-4%	27%	69%
Sb-2	44%	-25%	12%	83%
Sb-3	25%	-54%	33%	83%
Sb-4a	-15%	-42%	12%	54%
Sb-1	0%	0%	31%	81%
Sb-7	-27%	-73%	23%	48%




Lampiran 3 Baku Mutu Air Limbah




NO	PARAMETER	KADAR MAKS (mg/L)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg/ton)							
			Tekstil Terpadu	Pencucian Kapas, Pemintalan Penunanan	Perekatan (Sizing) Desizing	Pengikisan, Pemasakan (Klering, Scouring)	Pemucatan (Bleaching)	Merseri sasi	Pencelupan (Dyeing)	Pencetakan (Printing)
1.	Temperatur	38 °C	-	-	-	-	-	-	-	-
2.	BOD ₅	60	6,00	0,42	0,6	1,44	1,08	0,9	1,2	0,36
3.	COD	150	15,0	1,05	1,5	3,6	2,7	2,25	3,0	0,9
4.	TSS	50	5,00	0,35	0,5	1,2	0,9	0,75	1,0	0,3
5.	Fenol total	0,5	0,05	0,004	0,005	0,012	0,009	0,008	0,01	0,003
6.	Khrom total (Cr)	1,0	0,10	-	-	-	-	-	0,02	0,006
7.	Amoniak total (NH ₃ -N)	8,0	0,80	0,056	0,08	0,192	0,144	0,12	0,16	0,048
8.	Sulfida (sebagai S)	0,3	0,03	0,002	0,003	0,007	0,0054	0,005	0,006	0,002
9.	Minyak dan lemak	3,0	0,30	0,021	0,03	0,07	0,054	0,045	0,06	0,018
10.	pH	6,0 - 9,0								
11.	Debit Maksimum (m ³ /ton produk tekstil)	100	7	10	24	18	15	20	6	

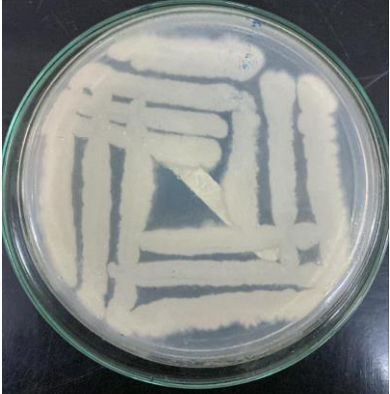

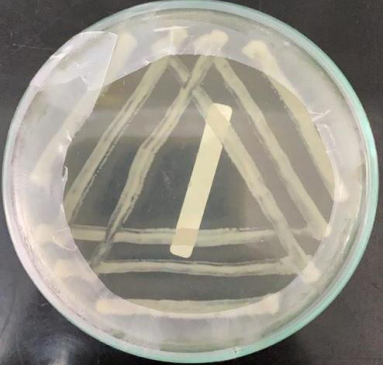
Catatan :

- Kadar maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam miligram parameter per liter air limbah.
- Beban pencemaran maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam kilogram parameter per ton produk tekstil
- Air limbah blow down boiler, regenerasi ion exchange dan lain-lain apabila terpisah harus memenuhi Baku Mutu Air Limbah Golongan. Apabila jadi satu harus memenuhi Baku Mutu Air Limbah Industri tekstil.

Lampiran 4 Hasil *Streak* 4 Kuadran

No	Kode Sampel	Streak Kuadran 4
1	Sb-2	
2	Sb-3	
3	Sb-5	

No	Kode Sampel	Streak Kuadran 4
4	Sb-6	
5	Sb-1	
6	Sc-1	

No	Kode Sampel	Streak Kuadran 4
7	Sb-4a	
8	Sb-4b	
9	Sb-7	

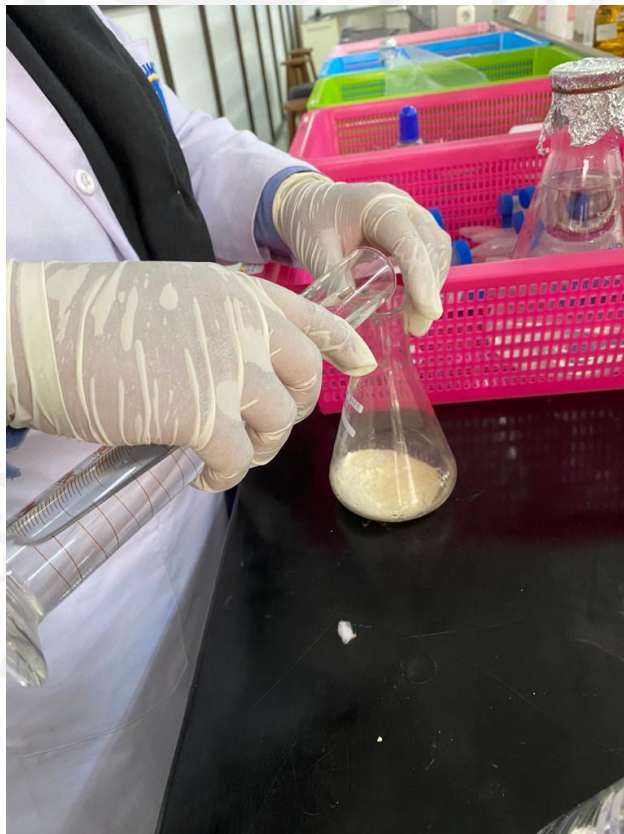
Lampiran 3 Dokumentasi Penelitian

Ekstraksi Tanah

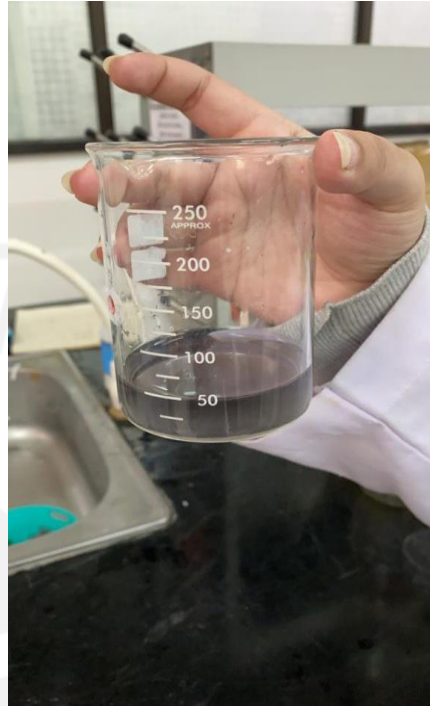




Persiapan Media



Filter Limbah Tenun



Isolasi dan Identifikasi Bakteri



Kultur Bakteri



Persiapan Reaktor FTW



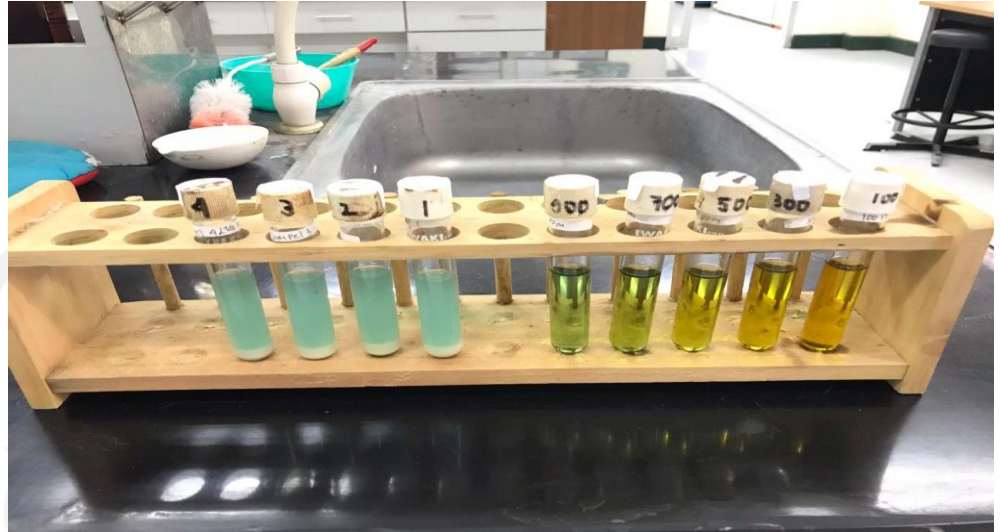
Aklimatisasi Tanaman Vetiver



Running Reaktor FTW



Pengujian COD



RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tanjung Balai Karimun, 06 Mei 1999. Penulis merupakan putri pertama dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Sulaiman dan Ibu Waode Nurtia. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Canggih Puteri pada tahun 2005 kemudian SDN 003 Tebing dari 2005 hingga 2011, SMP Negeri 003 Tebing dari 2011 hingga 2014, SMA Negeri 004 Tebing Binaan dari 2014 hingga 2017. Pada tahun 2017 penulis melanjutkan kuliah di Universitas Islam Indonesia melalui seleksi berbasis rapor, di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Prodi Teknik Lingkungan. Penulis selama kuliah melakukan kegiatan kerja praktik di PT Timah Tbk Wilayah Operasi Kepri dan Riau, Kabupaten Karimun dengan judul Penerapan Sistem Manajemen Lingkungan ISO 14001:2015 pada tahun 2020. Penulis dalam menyelesaikan masa studi kuliah Strata 1 (S1) dengan Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia melakukan penelitian tugas akhir dengan judul "Identifikasi Bakteri *Indigeneous* Untuk Meningkatkan Degradasi COD Pada Pengolahan Limbah Tenun Menggunakan Sistem *Floating Treatment Wetland* (FTW).