

TA/TL/2022/1425

TUGAS AKHIR

**IDENTIFIKASI BAKTERI ENDOFIT 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**

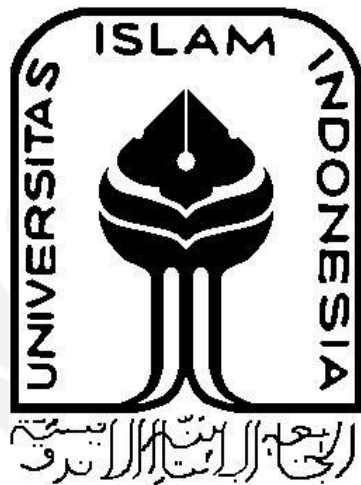


**AFFIE MAGHFIRA NUZULA
17513094**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2022**

TUGAS AKHIR
IDENTIFIKASI BAKTERI ENDOFIT 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



AFFIE MAGHFIRA NUZULA

17513094

Disetujui,

Dosen Pembimbing:


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

NIK. 165131306

Tanggal: 15 Desember 2021


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

NIK. 095130403

Tanggal: 27 Desember 2021

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


Eko Siswanto, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.

NIK. 025100406

Tanggal: 11 Februari 2022

HALAMAN PENGESAHAN

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

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin

Tanggal : 01 November 2021

Disusun Oleh:

AFFIE MAGHFIRA NUZULA
17513094

Tim Penguji :

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

()

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

()

Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., 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,



Affie Maghfira Nuzula

NIM: 17513094



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Maret 2021 ini ialah **Identifikasi Bakteri Endofit Untuk Meningkatkan Degradasi COD Pada Pengolahan Limbah Tenun Menggunakan Sistem *Floating Treatment Wetland* (FTW).**

Penyusunan laporan Tugas Akhir ini diajukan guna memenuhi syarat menyelesaikan studi strata satu dan mendapatkan gelar Sarjana Teknik, Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan laporan ini penulis mendapatkan banyak sekali bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak. Maka dari itu, penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah *subhanahu wa ta'ala* yang senantiasa memberikan kemudahan dan kelancaran sehingga laporan Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan sebaik-baiknya.
2. Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES, M.Sc., Ph.D.
3. Dosen Pembimbing Tugas Akhir, Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. dan Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng. yang telah sabar membimbing dan membantu penulis hingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Kedua orang tua penulis, Bapak Ahsan Nur Hadi S.Si., M.Eng. dan Ibu Siti Sofi'ah S.Si. yang selalu mencurahkan kasih sayang dan selalu meberikan doa serta dukungan kepada penulis, semoga Allah senantiasa memberikan kasih sayang, kesehatan dan rahmat-Nya. Amiin..
5. Diri sendiri yang sudah berjuang hingga saat ini, meskipun diri ini belum menjadi baik namun masih mau terus berusaha untuk menjadi baik.
6. Saudara penulis, Reni Chandra Dewi S.T, Filza Adiva Arafazaky, dan Najmadina Faradiba yang sukanya ngerecokin 24/7.

7. The one and only punga ripunga as Jamilatul Makrifah, S. I. Kom. yang telah bersedia memberikan tumpangan tempat tinggal kedua dan yang telah bersedia mendengarkan keluh kesah, up and down kehidupan dari hari pertama menginjakkan kaki di UII.
8. Teman-teman seperjuangan di Teknik Lingkungan, Sri Wahyuni dan Fazhlin Nabila yang telah berjuang bersama dan saling support hingga tak terasa 4 tahun telah kita lalui.
9. Teman-teman seperjuangan PP UII angkatan 2018, Fida, Ikke, Dylia, Japal, Una, Putri, Farikha, Nabila, Ulfa, Zulfa, Arif, Azzura, Deni, Farhan, Fauzi, Fuad, Rojek, dan Ulil yang telah berjuang bersama melewati asam garam kehidupan dengan dua beban perkuliahan.
10. Para sahabat, Nanda Nurullah Q.LL. dan Robi'ah yang selalu mendukung, menemani dan memberi wejangan mengenai kehidupan.
11. Pondok Pesantren UII, yang telah bersedia menampung saya selama 4 tahun ini. Terimakasih juga kepada Para Pengurus dan Asatid yang sudah memberikan tambahan ilmu dan wawasan selama 4 tahun ini walau kadang tugas yang diberikan membuat penulis ingin menyerah dan membuat kepala mau pecah.
12. Rekan-rekan seperjuangan Tugas Akhir, Fazhlin, Fia, Chaerisa, Tiara, Fina, Dwi, Monita dan Gegas yang telah berjuang bersama dan saling support dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
13. Pihak-pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi menyempurnakan laporan ini. Penulis berharap semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan bagi pembaca serta dapat diaplikasikan pada skala perusahaan ataupun pemerintahan.

Akhir kata penulis memohon maaf apabila terdapat kesalahan kata dan terima kasih atas perhatiannya.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 01 November 2021

Affie Maghfira Nuzula

ABSTRAK

AFFIE MAGHFIRA NUZULA. IDENTIFIKASI BAKTERI ENDOFIT UNTUK MENINGKATKAN DEGRADASI COD PADA PENGOLAHAN LIMBAH TENUN MENGGUNAKAN SISTEM FLOATING TREATMENT WETLAND (FTW). Dibimbing oleh DR. JONI ALDILA FAJRI, S.T., M.ENG. dan DR. ENG. AWALUDDIN N, S.T., M. ENG.

Revolusi industri 4.0 mendorong semua negara untuk berlomba-lomba mendirikan industri, tidak terkecuali dengan industri tekstil yang salah satunya terletak pada sektor tenun. Di dusun Troso Kabupaten Jepara banyak industri tekstil yang belum mengolah limbahnya sebelum dibuang ke lingkungan. Sedangkan limbah tekstil termasuk limbah yang sangat berpengaruh dalam degradasi kualitas lingkungan. Penelitian ini mengusung konsep bioremediasi dengan bakteri endofit yang dikombinasikan dengan tanaman *Vetiveria z* untuk menurunkan kadar COD pada limbah cair industri tenun menggunakan reaktor *Floating Treatment Wetland* (FTW) yang bertujuan untuk mengidentifikasi jenis bakteri apa saja yang efektif dalam mendegradasi COD pada limbah industri tenun. Hasil dari isolasi dan identifikasi morfologi bakteri didapat 10 jenis bakteri berbeda. Dari 10 isolat bakteri yang diuji, didapat 6 bakteri dengan morfologi dominan yaitu irregular dan 5 bakteri yang memiliki warna dominan yaitu warna putih. Selain itu, terdapat 7 bakteri yang memiliki sifat gram dominan positif dan 6 bakteri yang memiliki bentuk sel dominan basil. Dari semua bakteri yang diuji, terdapat 6 bakteri yang dapat menurunkan konsentrasi COD secara bertahap dan terjadi kenaikan pada hari ke-4, sedangkan 4 lainnya dapat menurunkan konsentrasi COD secara konsisten dan signifikan. Dari keempat bakteri tersebut, 3 diantaranya memiliki sifat gram negatif dengan 1 bentuk sel basil dan 2 bentuk sel *coccus*. Bakteri yang memiliki efisiensi removal tertinggi yaitu bakteri Ra2 dengan persen removal sebesar 91%. Bakteri Ra2 dapat menurunkan konsentrasi COD dari 692 mg/L menjadi 65 mg/L pada hari ke-25. Hal itu disebabkan karena adanya hubungan mutualisme antara tanaman dan bakteri yang digunakan dalam menurunkan kadar COD pada air limbah tenun.. Bakteri yang dapat menurunkan konsentrasi COD hingga mampu berada di bawah baku mutu Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No.05 tahun 2012 terdapat 4 bakteri yaitu bakteri dengan kode Ra2, Ra4, Ra7 dan Rb2 dengan persen removal masing-masing bakteri sebesar 91%, 87%, 79%, dan 83%.

Kata kunci: bakteri endofit, COD, FTW, limbah tenun, *Vetiveria zizanioides*.

ABSTRACT

AFFIE MAGHFIRA NUZULA. Identification of Endophyte Bacteria From The Roots of The Vetiveria Zizanioides Plant To Lower COD Levels of Woven Waste with Floating Treatment Wetland (FTW) System. Guided by DR. JONI ALDILA FAJRI, S.T., M.ENG. and DR. ENG. AWALUDDIN N, S.T., M. ENG.

The industrial revolution 4.0 encourages all countries to compete to establish industries, not least with the textile industry, one of them in weaving sector. In Trosro, Jepara Regency, many textile industries have't processed their waste before being discharged into the environment. Meanwhile, textile industry has waste that very influential in the degradation of environmental quality. This research carries the concept of bioremediation with endophyte bacteria combined with the Vetiveria z. plant to lower COD levels in industrial woven waste using Floating Treatment Wetland (FTW) reactors that aim to identify what types of bacteria are effective in degrading COD in woven waste. The results of isolation and morphological identification of bacteria obtained 10 different types of bacteria. From 10 bacterial isolate tested, 6 bacteria have dominant morphology were irregular and 5 bacteria have a dominant color was white. In addition, there are 7 bacteria that have positive gram-dominant and 6 bacteria that have dominant cell shape basil. Of all the bacteria tested, there were 6 bacteria that can decrease COD concentration gradually and increase on the 4th day, while the other 4 can reduce COD concentration consistently and significantly. Of the four bacteria, 3 of them have gram negative with 1 form of basil and 2 forms of coccus. The bacteria that have the highest removal efficiency are Ra2 with a percent removal 91%. Ra2 bacteria can lower COD concentration from 692 mg/L to 65 mg/L on the 25th day. This is due to the mutualism relationship between plants and bacteria used in lowering COD levels in woven wastewater. Bacteria that can reduce the concentration of COD and be able to be under the quality standards of Central Java Provincial Regulation No.05 2012 there are 4 bacteria with codes Ra2, Ra4, Ra7 and Rb2 with percent removal of each bacteria 91%, 87%, 79%, and 83%.

Keywords: endophyte bacteria, COD, FTW, woven waste, Vetiveria zizanioides.



DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
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 Ruang Lingkup	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Air Limbah Industri Tenun	5
2.2 Parameter Uji COD	5
2.3 Bakteri Endofit	6
2.4 Tanaman <i>Vetiveria zizanioides</i>	7
2.5 Sistem <i>Floating Treatment Wetland (FTW)</i>	7
2.6 Penelitian Terdahulu	8
BAB III METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian	11
3.2 Metode Penelitian	11
3.3 Prosedur Penelitian	12
3.4 Pengujian dan Analisa Data	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Karakterisasi dan Identifikasi Bakteri Endofit	21
4.2 Analisis Parameter Uji <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	25
4.3 Efisiensi Removal Bakteri Endofit dalam Menurunkan Kandungan <i>Chemical Oxygen Demand (COD)</i>	28
BAB V SIMPULAN DAN SARAN	31
5.2 Simpulan	31
5.3 Saran	32
DAFTAR PUSTAKA	33
LAMPIRAN	37
RIWAYAT HIDUP	45



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Jurnal Terdahulu Pendukung Penelitian.....	8
Tabel 4. 1 Hasil Uji Morfologi Bakteri Terpilih	21
Tabel 4. 2 Hasil Uji Pewarnaan Gram Bakteri Terpilih	24
Tabel 4. 3 Hasil Uji OD.....	25





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

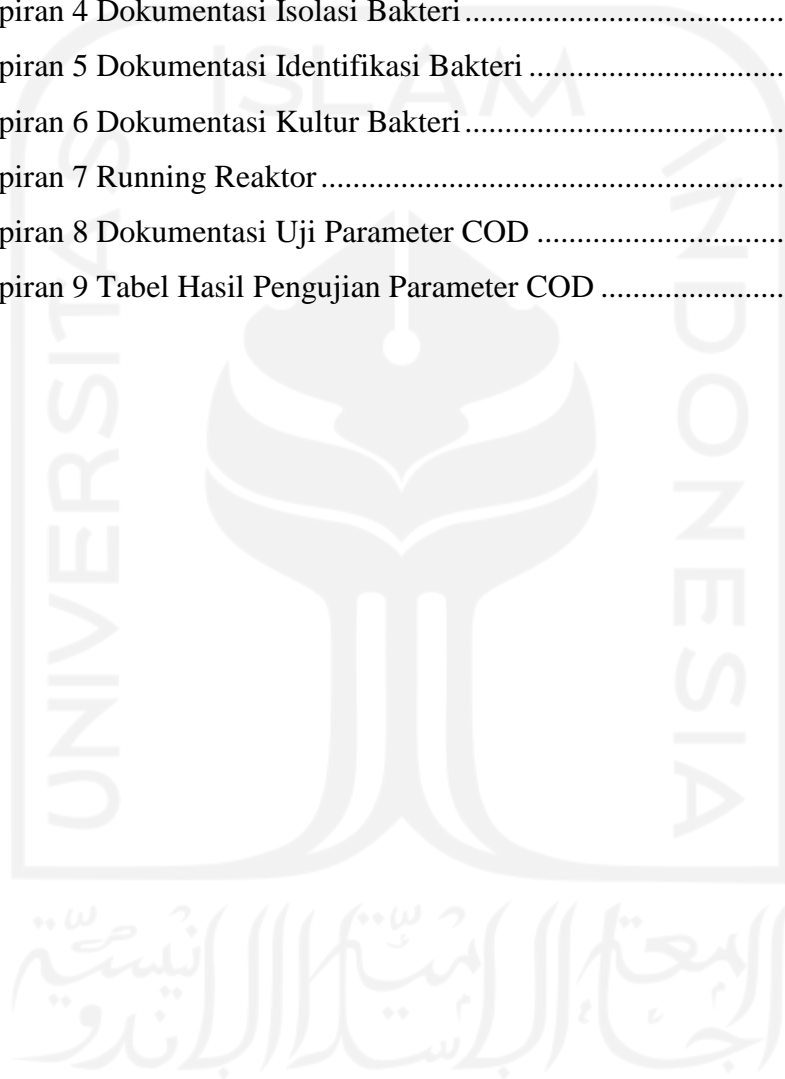
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	11
Gambar 3. 2 Tahapan Proses Sterilisasi Akar	12
Gambar 3. 3 Tahapan Isolasi Bakteri	13
Gambar 3. 4 Tabel Morfologi Bakteri	15
Gambar 3. 5 Tahapan Kultur Bakteri	16
Gambar 3. 6 Tanaman Vetiveria zizanioides	17
Gambar 3. 7 Aklimatisasi Tanaman	17
Gambar 3. 8 Tahapan Aklimatisasi Tanaman	18
Gambar 4. 1 Grafik hasil uji COD	26
Gambar 4. 2 Grafik Efisiensi Reoval	28



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Alat dan Bahan Uji Parameter COD.....	37
Lampiran 2 Baku Mutu COD.....	38
Lampiran 3 Dokumentasi Persiapan Penelitian.....	39
Lampiran 4 Dokumentasi Isolasi Bakteri.....	39
Lampiran 5 Dokumentasi Identifikasi Bakteri.....	40
Lampiran 6 Dokumentasi Kultur Bakteri.....	41
Lampiran 7 Running Reaktor.....	42
Lampiran 8 Dokumentasi Uji Parameter COD.....	42
Lampiran 9 Tabel Hasil Pengujian Parameter COD.....	43





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air limbah adalah air sisa dari seluruh aktivitas manusia yang sudah tidak dibutuhkan kembali. Sumber air limbah ada dua, yaitu limbah rumah tangga dan limbah non rumah tangga seperti limbah fasilitas umum dan industri. Dengan kata lain, air limbah adalah air bekas pakai dari seluruh aktivitas manusia yang menukar air bersih menjadi air kotor sehingga air tersebut tidak dapat digunakan kembali. Dengan demikian, air sisa tersebut harus diolah terlebih dahulu agar tidak mencemari air bersih yang lain sebelum akhirnya dibuang ke badan air (Supriyatno, 2000).

Salah satu masalah terbesar dunia saat ini adalah pencemaran lingkungan. Banyaknya sumber air yang terkontaminasi pencemar sangat banyak ditemukan di berbagai daerah di dunia. Sektor yang paling banyak menimbulkan pencemaran ke lingkungan adalah sektor industri. Pada era revolusi industri 4.0 ini semakin banyak industri didirikan, sehingga limbah yang dihasilkannya pun akan semakin banyak pula (Gusman, 2015). Tidak sedikit perusahaan yang membuang limbah mereka ke sungai maupun badan air lainnya tanpa proses pengolahan terlebih dahulu. Air yang tercemar sebagian meresap ke dalam tanah membuat pencemaran pada air tanah. Sedangkan badan air tersebut merupakan sumber air baku utama bagi masyarakat di sekitarnya. Air baku yang tercemar oleh limbah domestik maupun limbah industri akan menimbulkan dampak bagi kesehatan manusia (Widiyanto, 2015).

Industri tekstil mempunyai kontribusi yang cukup besar bagi peningkatan ekonomi negara berkembang. Akan tetapi, air limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan tekstil merupakan salah satu pencemar yang paling berpengaruh dalam degradasi kualitas lingkungan. Banyak bahan pencemar yang terkandung di dalamnya, seperti : zat warna, minyak dan gas, logam berat, deterjen, dan masih banyak lagi. Zat- zat tersebut bersifat racun, karsinogenik dan mutagenik. Selain

itu, jika zat-zat tersebut jika masuk ke dalam badan air akan menyebabkan menurunnya kadar DO, dan meningkatkan kadar COD sehingga menimbulkan bau yang tidak sedap, terganggunya sinar matahari yang akan masuk ke dalam air, dan juga mengurangi estetika dan tampilan dari badan air tersebut (Hussain, 2018)

Industri Tenun di desa Troso, Kecamatan Pecangaan, Kabupaten Jepara merupakan industri tenun aktif yang memproduksi setiap hari. Menurut Disperindag Kabupaten Jepara pada tahun 2017, volume produksi tenun yang dihasilkan dalam setahun sebanyak 37.322.128 meter. Dari banyaknya volume produksi tersebut, sebagian besar produsen masih abai dalam mengolah air limbah yang mereka hasilkan. Air limbah hasil pencucian tenun tersebut dibiarkan untuk dialirkan ke sungai dan selokan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Pencemaran dari pembuangan limbah tenun di desa Troso dapat dilihat dari berubahnya warna air sungai yang mulanya jernih berangsur-angsur berubah dan mengikuti warna buangan dari air limbah industri tenun. Selain mengalami perubahan warna, sungai tempat pembuangan limbah juga menjadi keruh dan menimbulkan bau yang menyengat (Sa'adah, 2018).

Dampak yang dihasilkan oleh industri tenun dapat mempengaruhi penurunan kualitas air di sekitarnya. Zat warna yang dihasilkan dari industri tenun mempunyai sifat pH yang cukup tinggi, airnya berwarna tua dan kandungan COD-nya sangat tinggi (Novianti, 2016). Sehingga perlu dilakukannya remediasi atau pengolahan terlebih dahulu sebelum limbah tersebut akhirnya dibuang ke dalam badan air. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bakteri endofit dari akar tanaman *Vetiveria zizanioides* untuk mereduksi COD pada air limbah menggunakan metode FTW. Remediasi dengan menggunakan bakteri sangat diperlukan, selain ramah lingkungan, biaya yang dibutuhkan pun tidak terlalu besar. Tanaman *Vetiveria zizanioides* biasa digunakan dalam mereduksi limbah cair, karena tanaman tersebut merupakan tanaman fitoremediasi yang mempunyai sifat hiperakumulator (Rinarti, 2010). Penelitian ini menggunakan metode *Floating Treatment Wetland (FTW)* yang merupakan bagian dari *Constructed Wetland* dengan menggunakan tanaman yang ditanam dalam media yang mengapung di atas air. *Constructed Wetland* sendiri memang sering digunakan untuk fitoremediasi, karena tidak membutuhkan biaya yang besar.

1.2 Perumusan Masalah

Limbah tenun mengandung banyak senyawa kimia berbahaya seperti zat warna, minyak dan gas, logam berat, deterjen, dll. Limbah tenun termasuk limbah yang cukup berbahaya di kalangan limbah industri yang lain, sehingga sangat perlu untuk dilakukannya remediasi terlebih dahulu sebelum limbah tersebut dibuang ke lingkungan. Penelitian ini meneliti tentang bioremediasi menggunakan tanaman *Vetiveria zizanioides* yang dikombinasikan dengan bakteri endofit. Bahan-bahan tersebut digunakan karena selain lebih ramah lingkungan, bahan tersebut juga banyak tersedia di alam sehingga tidak membutuhkan biaya yang besar. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana efektivitas bakteri endofit pada akar tanaman *Vetiveria zizanioides* untuk menurunkan kadar COD pada air limbah industri tenun.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi karakteristik isolat bakteri dari akar tanaman *Vetiveria z.*
2. Mengetahui efektivitas endofit bakteri dari akar tanaman *Vetiveria zizanioides* dalam menurunkan kadar COD pada limbah industri tenun menggunakan metode *Floating Treatment Wetland (FTW)*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Bagi Pengembangan IPTEK

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dan juga diharapkan dapat ikut dalam upaya pengembangan IPTEK di Indonesia.

2. Bagi Pelaku Industri Tekstil

Penelitian ini diharapkan dapat membuka mata para pelaku usaha khususnya di bidang tekstil bahwa limbah yang mereka hasilkan dapat merusak lingkungan hidup di sekitarnya.

3. Bagi Masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat mengedukasi masyarakat akan pentingnya menjaga kelestarian lingkungan hidup dan juga mengedukasi akan bahaya yang ditimbulkan dari limbah industri tekstil serta cara antisipasinya.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini adalah :

1. Aklimasi tanaman *Vetiveria zizanioides* pada reaktor FTW.
2. Isolasi bakteri endofit dari akar tanaman *Vetiveria zizanioides*.
3. Parameter kimia yang diuji adalah *Chemical Oxygen Demand (COD)*.
4. Limbah yang akan diuji merupakan limbah yang dihasilkan dari industri tenun.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Industri Tenun

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia no. 32 tahun 2009 menyebutkan bahwa limbah cair adalah limbah sisa yang dihasilkan dari suatu kegiatan, yang mana limbah tersebut sudah tidak dapat digunakan kembali. Air limbah umumnya dihasilkan dari kegiatan manusia, sedangkan air limbah mengandung zat-zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia itu sendiri maupun lingkungan (Ichtiakhiri, 2015).

Indonesia termasuk salah satu negara penghasil tenun terbesar di dunia. Bagi negara berkembang, pemasukan ekonomi dari industri tekstil memang cukup menjanjikan. Namun, dampak dari limbah yang dihasilkan tidak dapat ditutupi oleh keuntungannya. Limbah Industri tekstil dapat menimbulkan dampak kerusakan yang cukup serius bagi lingkungan (Andre, 2017).

Zat warna yang digunakan industri tekstil biasanya merupakan zat warna organik. Yang mana, ketika suatu industri membuang limbahnya ke suatu badan air tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu akan menyebabkan peningkatan kadar COD pada badan air tersebut. Kadar COD yang meningkat di suatu badan air akan menyebabkan matinya organisme yang ada di dalamnya. Selain itu, tingginya kadar senyawa organik di suatu badan air akan menimbulkan bau yang tidak sedap dari badan air tersebut (Andre, 2017).

2.2 Parameter Uji COD

Air merupakan komponen lingkungan paling krusial bagi kehidupan manusia dan seluruh makhluk hidup di dunia ini. Hampir setiap kegiatan manusia membutuhkan air. Air yang bersih merupakan cita-cita bagi semua orang. Jumlah air di bumi tetap, sedangkan populasi manusianya semakin bertambah. Sehingga pengolahan limbah sangat perlu dilakukan untuk keberlangsungan manusia di masa depan (Kholifah, 2017).

Air sumur yang mengandung BOD (*Biological Oxygen Demand*) dan COD (*Chemical Oxygen Demand*) tidak sepenuhnya hilang dalam pemanasan. Sehingga dimungkinkan air yang mengandung BOD dan COD kemudian air tersebut dimasak dan dikonsumsi, kandungan BOD dan COD nya masih tetap ada. Sedangkan, kandungan BOD dan COD yang masuk ke tubuh dapat menyebabkan gangguan kesehatan (Risma, 2017). Parameter uji COD merupakan salah satu parameter yang biasa digunakan untuk mengetahui bahwa air tersebut mengalami pencemaran atau tidak, karena uji COD termasuk uji yang lebih mudah dibandingkan uji-uji parameter kualitas air yang lain (Marlisa, 2012). COD masih relevan digunakan dalam penentuan baku mutu air limbah karena COD dapat menduga banyaknya bahan organik yang masuk sebagai pencemar badan air dan juga kaitannya dengan penurunan oksigen yang terlarut (Atima, 2015).

2.3 Bakteri Endofit

Istilah “endofit” berasal dari bahasa Yunani, “endon” yang berarti di dalam dan “phyton” yang berarti tanaman, sehingga arti dari bakteri endofit adalah bakteri yang hidup di dalam tanaman (Shyam, 2017). Bakteri endofit merupakan bakteri baik yang hidup bersama inangnya tanpa membuat kerusakan pada inang yang ditumpanginya. Beberapa penelitian menyatakan bahwa bakteri endofit dapat memproduksi senyawa kimia yang menguntungkan bagi manusia. Salah satunya terdapat studi yang menyatakan bahwa bakteri endofit yang mempunyai inang berupa tanaman obat, ia akan menghasilkan senyawa kimia yang baik untuk kesehatan manusia (Purwanto, 2014). Bakteri endofit digunakan karena dapat membantu pertumbuhan tanaman serta diduga mampu menghasilkan antibiotik dan juga antimikroba yang dapat melindungi tanaman dari serangan hama dan penyakit (Suwarno, 2012).

Inokulasi bakteri endofit digadang dapat meningkatkan efektifitas dalam menurunkan toksisitas polutan pada limbah tekstil. Menurut Afzal 2011, Inokulasi bakteri endofit dapat mengurangi toksisitas dari limbah tekstil pada kesehatan tanaman dan dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan

tanaman. Sedangkan menurut Shehzadi 2014, meskipun tanaman *T.domingensis* pada lahan basah menunjukkan potensi penurunan limbah tekstil, inokulasi bakteri endofit dapat lebih meningkatkan degradasi yang cukup signifikan, dilihat dari karakteristik warna, COD, dan BOD yang dibandingkan dengan tanaman tanpa inokulasi bakteri endofit.

2.4 Tanaman *Vetiveria zizanioides*

Tanaman *Vetiveria zizanioides* atau yang lebih sering dikenal dengan sebutan tanaman akar wangi merupakan tanaman yang dapat ditemukan dengan mudah di berbagai daerah di Indonesia. Tanaman *Vetiveria z.* dapat hidup di mana saja seperti di daerah perbukitan, dataran rendah, daerah rawa, bahkan tanaman tersebut dapat hidup di daerah bekas tambang. Tanaman akar wangi sangat efektif dalam penyerapan logam berat, tanaman tersebut dapat menyerap dan mengakumulasi logam berat di setiap jaringan tumbuhan. Tanaman ini termasuk tanaman yang mudah beradaptasi dan termasuk tanaman dengan toleransi yang tinggi terhadap media tempat tumbuhnya. Tanaman akar wangi sangat toleran terhadap kadar pH dan suhu yang ekstrim, kekeringan dan banjir, dan juga sangat toleran terhadap kondisi tanah yang mengandung toksisitas tinggi karena logam berat (Ui, 2016). Tanaman *Vetiveria zizanioides* biasa digunakan dalam mereduksi limbah cair, karena tanaman tersebut merupakan tanaman fitoremediasi yang mempunyai sifat hiperakumulator (Rinarti, 2010).

2.5 Sistem *Floating Treatment Wetland (FTW)*

FTW atau *Floating Treatment Wetland* termasuk dalam metode *Constructed Wetland (CW)* yang mana biasa digunakan dalam pengolahan air limbah. Metode FTW sendiri berbeda dari metode CW yang lain. FTW menggunakan tanaman yang diletakkan di media yang mengapung sehingga akar tanaman tersebut dapat terurai bebas di dalam air, sedangkan daun dan setengah batangnya muncul di atas permukaan. Akar yang terurai di dalam air akan menimbulkan biofilm dan bakteri yang dapat membantu proses pengolahan tersebut. Kelebihan dari penggunaan metode FTW adalah memiliki efisiensi

penyerapan limbah yang lebih baik dari metode CW yang lain (Badu, 2018). Selain itu, FTW digunakan karena metode tersebut tidak terpengaruh dengan fluktuasi air yang ada dan juga tidak membutuhkan lahan yang luas karena metode ini dapat diaplikasikan langsung di atas badan air tersebut. FTW sangat cocok digunakan di wilayah dengan iklim yang tropis. Dengan tidak adanya musim dingin, menjadikan tanaman tersebut dapat hidup sepanjang tahun (Pusparinda, 2016).

2.6 Penelitian Terdahulu

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang mendukung penelitian ini, yang meneliti tentang remediasi limbah industri tenun menggunakan sistem FTW yang dikombinasikan dengan bakteri dan tanaman :

Tabel 2. 1 Jurnal Terdahulu Pendukung Penelitian

No	Judul Penelitian	Penulis	Nama Jurnal	Tahun	Hasil
1	Pengolahan Limbah Cair Tenun dengan Sistem <i>Floating Treatment Wetland</i> menggunakan Kombinasi Tanaman <i>Vetiver</i> dan Bakteri Endofit	Nurun Nailis Sa'adah	dspace uii	2018	Kombinasi antara tanaman <i>Vetiveria z.</i> dengan bakteri endofit yang diambil dari akar tanaman <i>Colocasia esculenta</i> menggunakan metode <i>Floating Treatment Wetland</i> mampu menurunkan kadar COD pada air limbah tenun hingga 65% pada hari ke-10.
2	Degradasi Kandungan <i>Chemical Oxygen Demand</i> (COD) Pada Limbah Tenun Oleh Bakteri Endofit	Afafun Nafisah	dspace uii	2020	Bakteri endofit yang diambil dari akar tanaman <i>Alternanthera philoxeroides</i> dapat menurunkan kadar COD limbah tenun hingga 97,88%.
3	Pengolahan Air Limbah Pencucian PT. KAI Yogyakarta Menggunakan <i>Floating Treatment Wetland</i> Kombinasi dengan Tanaman Kolonjono (<i>Brachiaria Mutica</i>) dan Bakteri	Jihan Fadhilah	dspace uii	2018	Tanaman Kolonjono (<i>Brachiaria mutica</i>) yang ditambahkan bakteri dan dikombinasikan dengan reaktor <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW) dapat menurunkan kadar COD pada air limbah PT. KAI dengan efisiensi removal sebesar 69%.

4	Pengaruh Umur dan Sistim Penanaman Akar Wangi (<i>Vetiveria zizanioides L.</i>) dalam Perbaikan Kualitas Limbah Cair Pabrik Tapioka	Eko Rini dkk.	Buana Sains	2008	Tanaman <i>Vetiveria z.</i> dengan umur tanam 7, 45, 60 dan 75 HST dapat menurunkan kadar COD limbah dari pabrik tapioka dengan efisiensi removal masing-masing umur tanaman sebesar 85%, 88%, 86%, dan 98% pada hari terakhir.
5	<i>On-Site Performance of Floating Treatment Wetland Macrocosms Augmented with Dye-Degrading Bacteria For The Remediation of Textile Industrial Wastewater</i>	Nain Tara dkk.	Journal of Cleaner Production	2020	Kombinasi antara tanaman <i>P. australis</i> dan konsorsium bakteri dapat mendegradasi COD pada limbah tekstil dengan efisiensi removal sebesar 91%.
6	<i>Enhanced Degradation of Textile Effluent in Constructed Wetland System Using Typha domingensis and Textile Effluent-degrading Endophytic Bacteria</i>	Maryam Shehzadi dkk.	Water Research Journal	2014	Kombinasi antara bakteri endofit dan tanaman <i>Typha domingensis</i> dapat mereduksi COD pada air limbah tekstil hingga 79%. Perbedaan dari penelitian ini yaitu mengenai tanaman yang digunakan untuk bioremediasinya.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada rentang waktu Maret 2021 hingga Oktober 2021 di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

3.2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis kemampuan bakteri endofit dari akar tanaman *Vetiveria z.* dalam menurunkan kadar *Chemical Oxygen Demand (COD)* pada sampel limbah tenun. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1 di bawah ini :

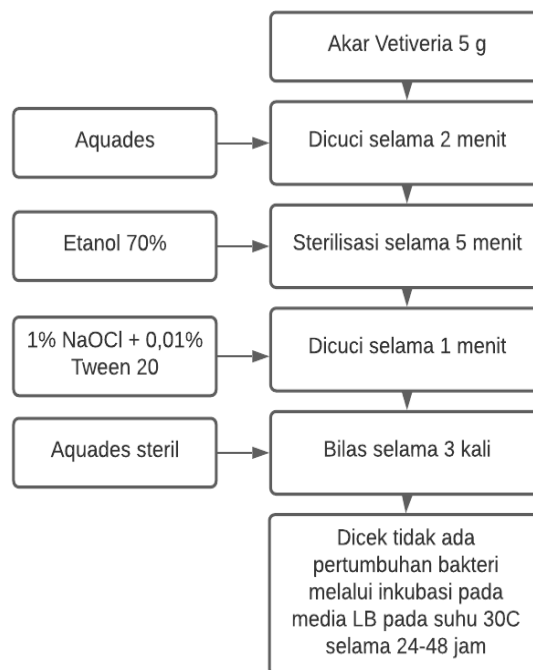


Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Isolasi Bakteri

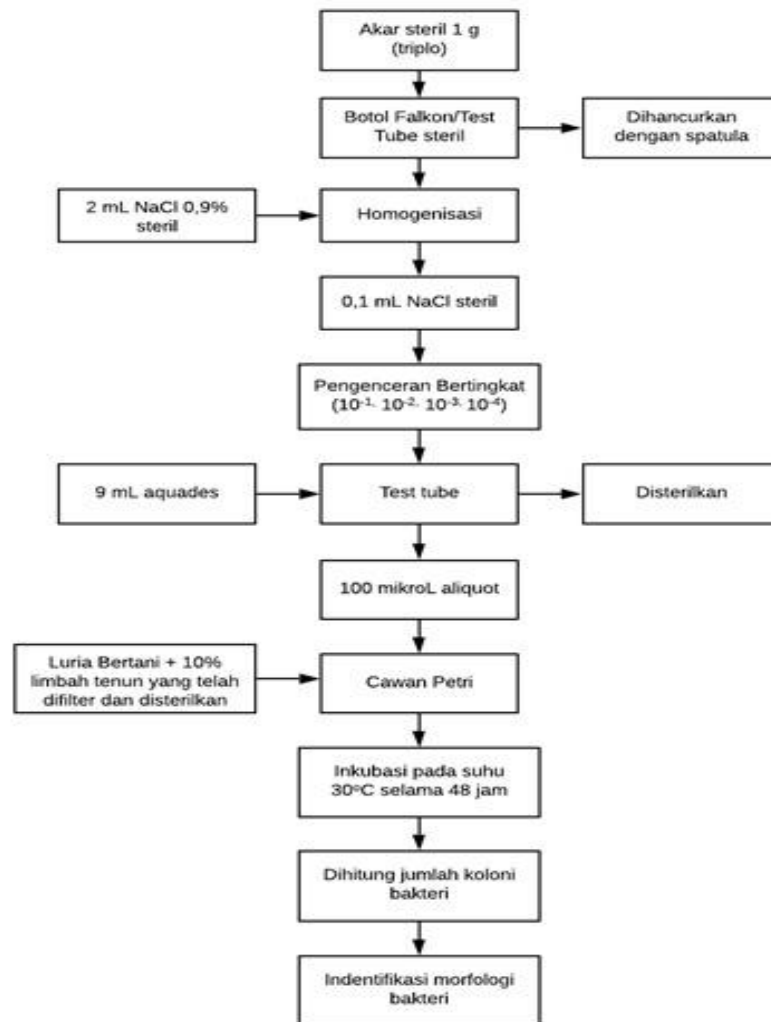
Mengacu pada penelitian Shezadi et.al 2014, tanaman *Vetiveria z.* yang akan digunakan diambil akarnya seberat 5 gram. Penelitian ini menggunakan duplo penelitian dengan 2 akar. Akar tersebut kemudian dicuci bersih dengan aquades selama 2 menit dan disterilisasi permukaannya menggunakan larutan etanol 70% selama 5 menit. Setelah disterilisasi dengan etanol, kemudian akar tersebut dicuci dengan larutan campuran 1% NaOCl dan 0,01% tween 20 selama 1 menit. Bilas akar dengan aquades steril sebanyak 3 kali. Keberhasilan sterilisasi diuji dengan cara mengisolasi 1 mL air hasil bilasan terakhir pada media Luria Bertani (LB) dan diinkubasi selama 24-48 jam dengan suhu 30°C. Apabila terdapat bakteri yang tumbuh pada media tersebut, maka sterilisasi permukaan akar belum berhasil dan perlu diulang hingga tidak ada bakteri yang tumbuh.



Gambar 3. 2 Tahapan Proses Sterilisasi Akar

Setelah dilakukan proses sterilisasi, kemudian dilanjutkan dengan proses isolasi. Akar yang telah disterilisasi kemudian dihancurkan menggunakan spatula. Sebanyak 1 mL suspensi akar dicampur dengan 9 mL larutan NaCl steril





















ke dalam testube. Suspensi akar dibuat pengenceran berseri hingga konsentrasi pengenceran 10^{-4} . Dari masing-masing suspensi akar diambil 0,1 mL untuk disebar pada media Luria Bertani yang telah ditambahkan 10% limbah tenun steril ke dalam cawan petri dan diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu 30°C . Setelah 24 jam, masing-masing cawan petri diamati jumlah populasi bakteri dan jenis bakterinya yang dilihat dari warna, bentuk dan tepian. Masing-masing jenis bakteri yang didapat kemudian dimurnikan menggunakan media Luria Bertani hingga benar-benar murni (*single colony*) hingga tidak ada kontaminasi. Berikut adalah cara isolasi bakteri endofit :



Gambar 3. 3 Tahapan Isolasi Bakteri

3.3.4 Identifikasi Morfologi Bakteri

Setelah diinkubasi pada proses isolasi bakteri, kemudian dilakukan identifikasi morfologi bakteri di dalam laboratorium menggunakan mikroskop cahaya (Shehzadi, 2014) untuk mengamati morfologi bakteri dan uji pewarnaan gram guna mengetahui bakteri dengan karakteristik yang berbeda (Gultom, 2019). Morfologi yang diidentifikasi merupakan morfologi koloni dan morfologi sel. Pengamatan morfologi koloni dilakukan ketika sudah mendapat biakan murni. Pengamatan tersebut meliputi bentuk bakteri, margin, elevasi, ukuran, tampilan, *optical property*, tekstur, dan warna dari bakteri (ATCC, 2021). Pengamatan morfologi sel bakteri dilakukan dengan cara pewarnaan gram. Ambil satu ose koloni bakteri kemudian diratakan di atas kaca preparat dan difiksasi di atas api hingga bakteri tersebut kering. Tetesi preparat dengan larutan kristal violet (gram A), didiamkan selama 30 detik, kemudian bilas dengan aquades dan ditunggu hingga kering. Selanjutnya, tetesi preparat dengan larutan lugol (gram B), didiamkan selama 1 menit, bilas dengan aquades dan ditunggu hingga kering. Setelah itu, preparat dicuci dengan etanol 95% (gram C) selama 5 detik, bilas dengan aquades dan ditunggu hingga kering. Kemudian preparat ditetesi dengan larutan safranin (gram D) selama 30 detik, bilas dengan aquades dan dibiarkan hingga kering. Setelah itu, kaca preparat diamati menggunakan mikroskop cahaya perbesaran 40X dan 100X, kemudian diidentifikasi warna dan bentuk selnya. Hasil identifikasi berupa warna sel violet untuk bakteri gram positif dan warna merah untuk bakteri gram negatif. Bentuk sel bakteri yang diidentifikasi yaitu berbentuk bulat (*coccus*) dan batang (*basill*) (Sri Nurhidayati, 2015).

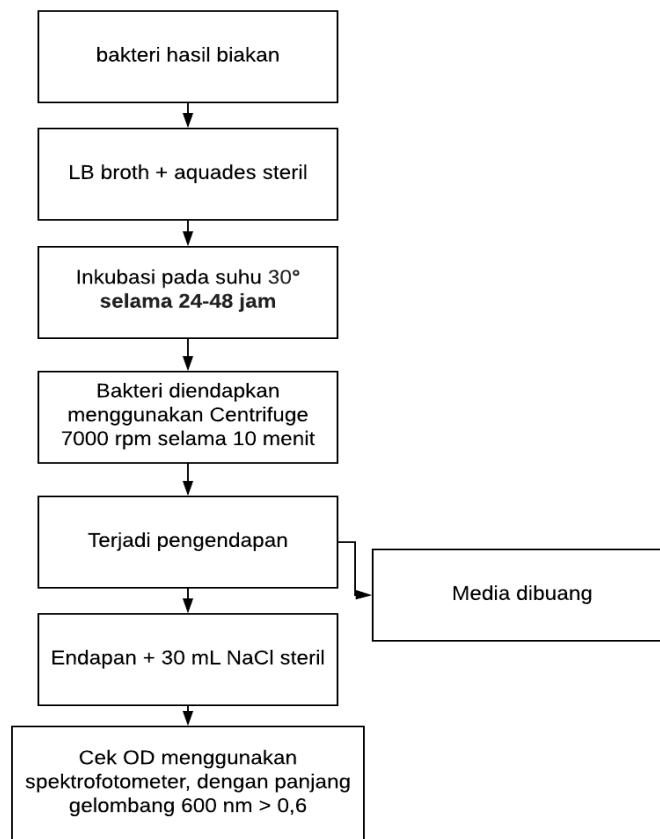
Shape						
	Filamentous	Spindle	Irregular	Circular	Rhizoid	
Margin						
	Entire	Undulate	Lobate	Curled	Rhizoid	Filamentous
Elevation						
	Flat	Raised	Convex	Pulvinate	Umbonate	
Size						
	Punctiform	Small	Moderate	Large		
Apperance	Glistening or dull					
Optical property	Transparent, translucent,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

Gambar 3. 4 Tabel Morfologi Bakteri

Sumber : *Introduction to Microbiology. ATCC*

3.3.5 Kultur Bakteri

Setelah dilakukan identifikasi morfologi bakteri, kemudian dilakukan kultur untuk memperbanyak jumlah bakteri terpilih. Jenis bakteri yang telah terpilih, akan diperbanyak dengan cara inokulasi sebagai persediaan selama proses penelitian (Sa'adah, 2018). Mengacu pada Shehzadi et.al 2014, kultur dilakukan dengan cara inokulasi bakteri ke dalam erlenmeyer 100 mL dengan media *Lactose Broth* (LB). Erlenmeyer yang sudah dimasukkan bakteri diletakkan di tempat shaker menggunakan 100 rpm selama 24-48 jam. Setelah media mengeruh, kemudian biakan bakteri diendapkan menggunakan sentrifuge 7000 g selama 10 menit. Bakteri yang telah mengendap kemudian diganti airnya dengan NaCl steril dan dihomogenkan. Jika bakteri dan NaCl sudah homogen, selanjutnya diuji OD menggunakan spektrofotometer dengan gelombang 600 nm hingga hasil absorbansinya melebihi 0,6. Berikut tahapan proses kultur bakteri :

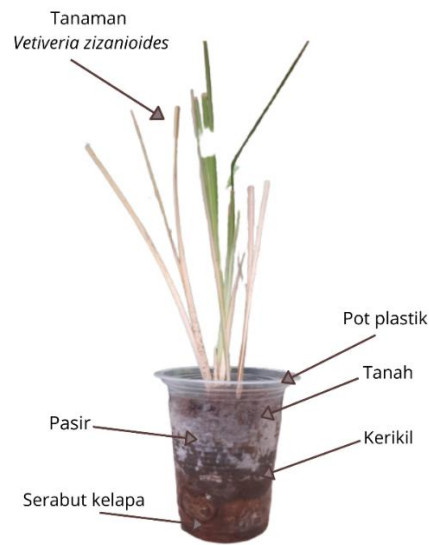


Gambar 3. 5 Tahapan Kultur Bakteri

3.3.6 Reaktor *Floating Treatment Wetland* (FTW)

1. Persiapan Reaktor Wetland

Reaktor FTW dibuat dengan menggunakan toples kaca berbentuk bulat dengan kapasitas 800 mL. Mula-mula reaktor tersebut diisi dengan air yang telah dicampur dengan pupuk cair dengan rasio 14 L : 3 tutup botol sebanyak 500 mL, kemudian diletakkan *cup* plastik yang berisi media dan tanaman *Vetiveria* di atasnya. Susunan media yang digunakan dalam *cup* plastik meliputi: serabut kelapa 1 cm, kerikil 1 cm, pasir 2 cm dan tanah 5 cm. Pada setiap *cup*, diletakkan 3-4 batang tanaman *Vetiveria* yang memiliki tinggi 15 cm.



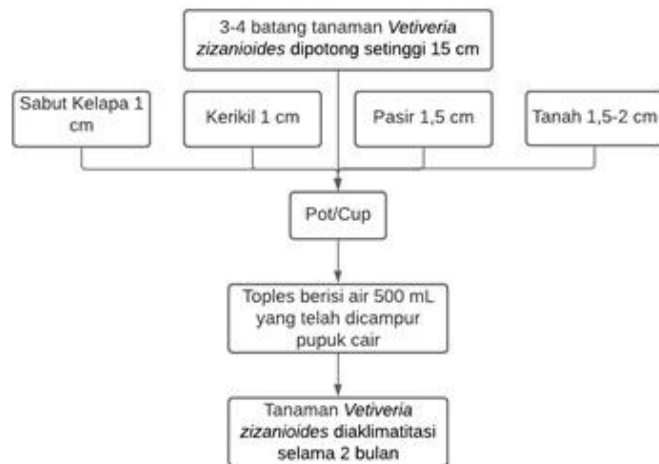
Gambar 3. 6 Tanaman *Vetiveria zizanioides*



Gambar 3. 7 Aklimatisasi Tanaman

2. Aklimatisasi Tanaman

Proses aklimatisasi dilakukan selama 4 bulan yang dimulai dari bulan April hingga Agustus 2021. Aklimatisasi tanaman dilakukan hingga tanaman telah beradaptasi dengan lingkungan barunya yang ditinjau dari bertambahnya panjang akar dan bertambah tingginya daun tanaman tersebut. Aklimatisasi berfungsi agar tanaman dapat menyesuaikan lingkungannya dengan mudah dan mengurangi tingkat kegagalan pada penelitian. Aklimatisasi dilakukan di dalam rumah kaca laboratorium Teknik Lingkungan, FTSP, UII. Berikut bagan alir proses aklimatisasi tanaman *Vetiveria* :



Gambar 3. 8 Tahapan Aklimatisasi Tanaman

3. Running Reaktor

Setelah dilakukan isolasi, identifikasi morfologi, dan kultur bakteri, jenis bakteri yang akan digunakan diinokulasikan pada reaktor FTW untuk mengidentifikasi apakah bakteri-bakteri tersebut benar-benar dapat mendegradasi limbah atau tidak. *Running* reaktor dilakukan dengan meletakkan bakteri terpilih yang telah diuji OD sebelumnya sebanyak 5 mL ke dalam reaktor FTW yang telah diisi air limbah dengan konsentrasi warna 19.133 PtCo. Reaktor yang digunakan berjumlah 13 buah untuk 10 jenis bakteri dan 3 reaktor sebagai kontrol. *Running* reaktor dilakukan selama 25 hari. Setelah dilakukan *running*, kemudian dilakukan pengecekan apakah bakteri tersebut dapat mendegradasi air limbah atau tidak. Pengambilan sampel dari reaktor FTW dilakukan pada hari ke-0, 4, 11, 18 dan 25. Sampel air limbah akan diukur kadar COD nya. Ketika semakin hari kadar COD semakin turun, maka dapat disimpulkan bahwa jenis bakteri yang digunakan pada reaktor tersebut dapat mendegradasi limbah tenun dengan baik.

Tabel 3. 1 Penamaan Reaktor Menurut Jenis Bakteri

Kode Reaktor	Komposisi Reaktor
K.L	Limbah cair tenun
K.L + T	Limbah cair tenun + tanaman vetiveria
K.A + T	Aquades + tanaman Vetiveria

Kode Reaktor	Komposisi Reaktor
Ra1	Limbah cair tenun + tanaman <i>Vetiveria</i> + bakteri no.1 dari akar pertama
Ra2	Limbah cair tenun + tanaman <i>Vetiveria</i> + bakteri no.2 dari akar pertama
Ra3	Limbah cair tenun + tanaman <i>Vetiveria</i> + bakteri no.3 dari akar pertama
Ra4	Limbah cair tenun + tanaman <i>Vetiveria</i> + bakteri no.4 dari akar pertama
Ra5	Limbah cair tenun + tanaman <i>Vetiveria</i> + bakteri no.5 dari akar pertama
Ra6	Limbah cair tenun + tanaman <i>Vetiveria</i> + bakteri no.6 dari akar pertama
Ra7	Limbah cair tenun + tanaman <i>Vetiveria</i> + bakteri no.7 dari akar pertama
Ra8	Limbah cair tenun + tanaman <i>Vetiveria</i> + bakteri no.8 dari akar pertama
Rb1	Limbah cair tenun + tanaman <i>Vetiveria</i> + bakteri no.1 dari akar kedua
Rb2	Limbah cair tenun + tanaman <i>Vetiveria</i> + bakteri no.2 dari akar kedua

3.4 Pengujian dan Analisa Data

Persiapan alat dan bahan yang akan digunakan perlu dilakukan sebelum dimulainya penelitian agar lebih terstruktur dan memudahkan peneliti dalam melakukan penelitian. Pada penelitian ini, digunakan alat dan bahan yang mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia) no. 6989. 2:2009 tentang Uji COD pada Air dan Air Limbah. Pengukuran COD menggunakan metode refluks tertutup.

Sebanyak 2,5 mL sampel diambil dari reaktor yang sedang di running di dalam rumah kaca. 2,5 mL sampel yang telah diambil, disaring menggunakan kertas saring dengan diameter 0,45 nm. Sampel yang telah disaring kemudian diencerkan menggunakan aquades dengan rasio 1 : 4. Hasil pengenceran dari setiap sampel diambil sebanyak 2,5 mL dan dimasukkan ke dalam refluks yang telah dibilas sebelumnya menggunakan larutan H₂SO₄ 20%. Kemudian ditambahkan larutan *digestion solution* (campuran antara larutan K₂Cr₂O₇ dan HgSo₄) sebanyak 1,5 mL, lalu ditambahkan kembali dengan larutan pereaksi sulfat (campuran antara larutan H₂SO₄ dan Ag₂SO₄) sebanyak 3,5 mL. Setelah itu refluks ditutup rapat

dan dihomogenkan perlahan. Untuk larutan blanko menggunakan aquades sebanyak 2,5 mL dengan langkah yang sama. Kemudian dimasukkan ke dalam termoreaktor dengan suhu 150 selama 2 jam. Setelah 2 jam, refluks didiamkan dan ditunggu hingga suhunya mendekati suhu ruang dan diuji menggunakan spektrofotometer. Data hasil absorbansi kemudian dimasukkan ke dalam persamaan yang telah didapat dari grafik larutan standar $y=bx+a$ dan didapat nilai y . Setelah itu dikalikan dengan faktor pengencerannya dan di dapat hasil akhir COD dalam satuan mg/L. Dari data kadar COD yang didapat, kemudian dibandingkan dengan kadar COD awal sebelum pengolahan. Perbandingan tersebut dilakukan untuk melihat seberapa efektivitas bakteri endofit dan tanaman *Vetiveria* dalam mereduksi kadar COD pada air limbah tenun. Selain itu, kadar COD akhir setelah dilakukannya remediasi akan dibandingkan dengan baku mutu COD pada Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No.05 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah. Di dalam peraturan tersebut disebutkan bahwa kadar COD maksimal untuk baku mutu air limbah tekstil adalah 150 mg/L atau 15 kg/ton.





BAB IV



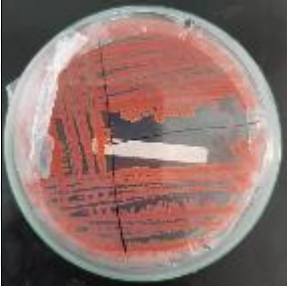

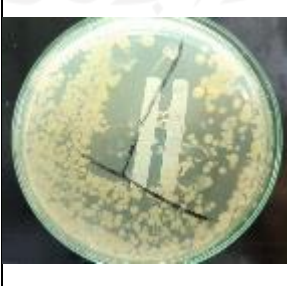
HASIL DAN PEMBAHASAN




4.1 Karakterisasi dan Identifikasi Morfologi Bakteri Endofit

Isolasi bakteri dilakukan untuk mendapatkan bakteri yang sejenis. Proses isolasi dan karakterisasi bakteri merupakan hal yang penting untuk mengetahui proses fitoremediasi (Shehzadi, 2014). Bakteri tersebut nantinya akan dimasukkan ke dalam reaktor untuk mengetahui kemampuan removal COD setiap bakterinya. Bakteri yang digunakan yaitu bakteri yang diambil dari akar tanaman *Vetiveria zizanioides*. Dari hasil isolasi tersebut didapat 14 bakteri, namun setelah dilakukan uji morfologi dan pewarnaan gram hanya dipilih 10 bakteri yang memiliki morfologi dan warna gram yang berbeda. Sampel yang terpilih kemudian diberi kode Ra1, Ra2, Ra3, Ra4, Ra5, Ra6, Ra7, Ra8, Rb1, Rb2.

Tabel 4. 1 Hasil Uji Morfologi Bakteri Terpilih


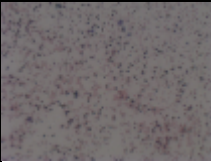

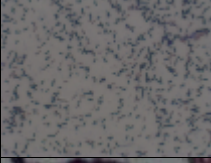




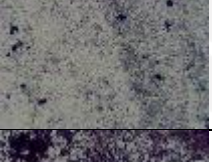

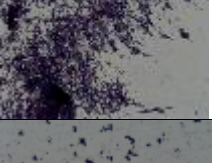
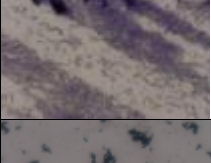
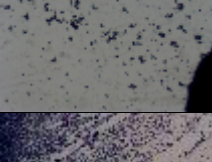


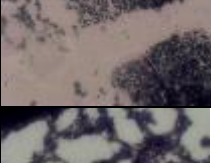
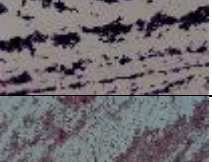



No	Bacteria	Morfology	
		Shape	Irregular
1		Margin	Undulate
		Elevation	Raised
		Size	Large
		Apperance	Dull
		Optical Property	Translucent
		Texture	Smooth
		Pigmentation	Pigmented (pink)
		Shape	Irregular
2		Margin	Entire
		Elevation	Flat
		Size	Moderate
		Apperance	Dull
		Optical Property	Translucent
		Texture	Smooth
		Pigmentation	Non pigmented (off white)
		Shape	Irregular

No	Bacteria	Morfology	
3		Shape	Irregular
		Margin	Undulate
		Elevation	Convex
		Size	Moderate
		Apperance	Dull
		Optical Property	Translucent
		Texture	Smooth
		Pigmentation	Non pigmented (off white)
4		Shape	Irregular
		Margin	Lobate
		Elevation	Flat
		Size	Moderate
		Apperance	Dull
		Optical Property	Tranparant
		Texture	Smooth
		Pigmentation	Non pigmented (off white)
5		Shape	Filamentous
		Margin	Lobate
		Elevation	Convex
		Size	Small
		Apperance	Glistening
		Optical Property	Opaque
		Texture	Smooth
		Pigmentation	Pigmented (Pink)
6		Shape	Circular
		Margin	Entire
		Elevation	Convex
		Size	Moderate
		Apperance	Glistening
		Optical Property	Opaque
		Texture	Smooth
		Pigmentation	Non pigmented (off white)
7		Shape	Circular
		Margin	Entire
		Elevation	Raised
		Size	Small
		Apperance	Dull
		Optical Property	Opaque
		Texture	Smooth
		Pigmentation	Pigmented (Yellow)

No	Bacteria	Morfology	
8	Ra8 	Shape	Irregular
		Margin	Undulate
		Elevation	Flat
		Size	Moderate
		Apperance	Dull
		Optical Property	Transparant
		Texture	Smooth
		Pigmentation	Non pigmented (off white)
9	Rb1 	Shape	Irregular
		Margin	Undulate
		Elevation	Flat
		Size	Moderate
		Apperance	Dull
		Optical Property	Translucent
		Texture	Smooth
		Pigmentation	Non pigmented (off white)
10	Rb2 	Shape	Circular
		Margin	Entire
		Elevation	Convex
		Size	Moderate
		Apperance	Glistening
		Optical Property	Opaque
		Texture	Smooth
		Pigmentation	Pigmented (Yellow)

Hasil identifikasi morfologi, dari 10 bakteri yang diuji terdapat 6 bakteri dengan morfologi irregular, 3 bakteri dengan morfologi circular, dan 1 bakteri dengan morfologi filamentous. Dari bakteri tersebut juga didapat 5 bakteri yang memiliki warna putih, 1 bakteri yang memiliki warna krem, 2 bakteri memiliki warna kuning dan 2 bakteri lain yang memiliki warna pink. Proses identifikasi morfologi bakteri dibutuhkan untuk melihat kekerabatan antar bakteri isolat menggunakan konsep similaritas yang dilihat dari segi morfologi koloni, morfologi sel dan fisiologi kimianya (Mata, 2002). Setelah didapat hasil morfologi dari bakteri terpilih selanjutnya dilakukan pewarnaan gram untuk mengetahui apakah ada bakteri yang sama atau tidak. Pewarnaan gram dilakukan untuk menentukan bentuk sel *basil* atau *coccus* dan warna gram bakteri positif atau negatif.

Tabel 4. 2 Hasil Uji Pewarnaan Gram Bakteri Terpilih

No	Sampel	Perbesaran 40 x	Perbesaran 100 x	Sifat Gram	Bentuk Sel
1	Ra1			Positif	<i>Coccus</i>
2	Ra2			Negatif	<i>Basil</i>
3	Ra3			Positif	<i>Basil</i>
4	Ra4			Negatif	<i>Coccus</i>
5	Ra5			Positif	<i>Basil</i>
6	Ra6			Positif	<i>Basil</i>
7	Ra7			Positif	<i>Basil</i>
8	Ra8			Positif	<i>Coccus</i>
9	Rb1			Positif	<i>Basil</i>
10	Rb2			Negatif	<i>Coccus</i>

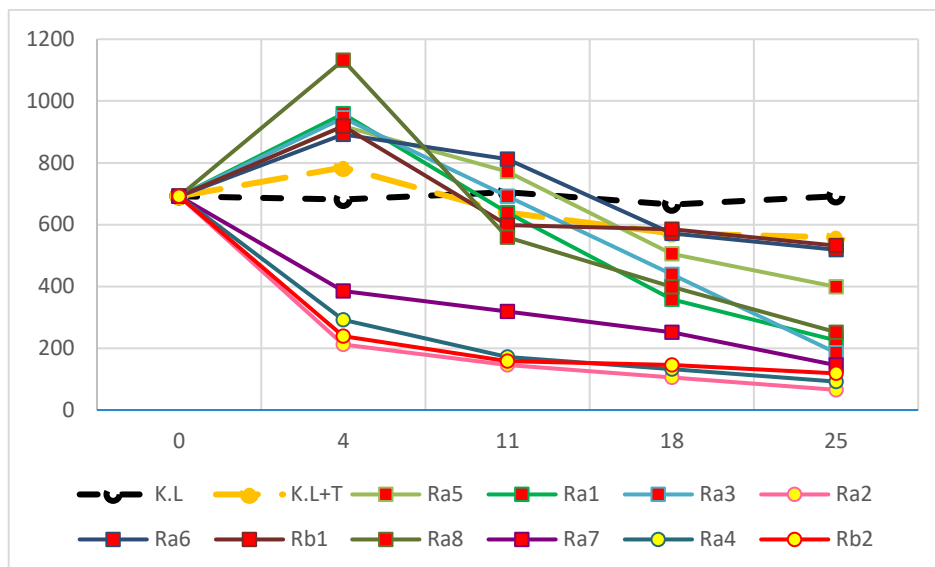
Dari hasil uji pewarnaan gram didapat 3 bakteri yang memiliki sifat gram negatif dan 7 bakteri yang memiliki sifat gram positif. Sedangkan menurut bentuk selnya, didapat 4 bakteri yang memiliki bentuk *coccus* dan 6 bakteri yang memiliki bentuk *basil*. Setelah didapat bakteri yang berbeda kemudian dilakukan kultur bakteri dan cek *Optical Density* (OD) sebelum akhirnya dilakukan *running* reaktor. Uji OD digunakan untuk melihat tingkat keberhasilan kultur bakteri. Ketersediaan nutrisi, pH dan suhu mempengaruhi laju perkembangan bakteri, sehingga densitas bakteri menjadi tinggi (Lizayana, 2016).

Tabel 4. 3 Hasil Uji OD

No	Kode Sampel	Nilai OD
1	Ra1	1.218
2	Ra2	0.868
3	Ra3	1.228
4	Ra4	0.847
5	Ra5	1.359
6	Ra6	1.196
7	Ra7	1.305
8	Ra8	1.112
9	Rb1	1.084
10	Rb2	0.089

4.2 Analisis Parameter Uji *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Untuk mengidentifikasi apakah bakteri terpilih dapat menurunkan kadar COD secara efektif, maka perlu dilakukan uji dengan cara meletakkan bakteri kedalam reaktor yang berisi air limbah dari pencucian industri tenun di Kabupaten Jepara. Reaktor akan diuji kandungan COD nya pada hari ke-0, 4, 11, 18 dan 25. Pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah terjadi penurunan kadar COD dalam rentang waktu tersebut. Berikut merupakan grafik hasil COD dari hari ke-0 hingga hari ke-25 :



Gambar 4. 1 Grafik hasil uji COD

Keterangan :

K.L : Kontrol limbah

K.L+T : Kontrol limbah + tanaman *Vetiveria z.*

Ra1 : Bakteri endofit gram positif *coccus*

Ra2 : Bakteri endofit gram negatif *basil*

Ra3 : Bakteri endofit gram positif *basil*

Ra4 : Bakteri endofit gram negatif *coccus*

Ra5 : Bakteri endofit gram positif *basil*

Ra6 : Bakteri endofit gram positif *basil*

Ra7 : Bakteri endofit gram positif *basil*

Ra8 : Bakteri endofit gram positif *coccus*

Rb1 : Bakteri endofit gram positif *basil*

Rb2 : Bakteri endofit gram negatif *coccus*

Pada reaktor kontrol konsentrasi yang didapat cenderung stabil, meski begitu terdapat sedikit kenaikan pada hari ke-11 dan ke-25 yang disebabkan oleh faktor eksternal berupa suhu dan adanya endapan yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya kadar COD (Rizki dkk, 2015). Pada reaktor kontrol dan tanaman, terdapat kenaikan konsentrasi pada hari ke-4 yang disebabkan karena tanaman

Vetiveria z. masih memerlukan waktu untuk penyesuaian (Rizki dkk, 2015), akan tetapi secara garis besar konsentrasi yang didapat cenderung menurun semakin hari. Hal itu disebabkan karena tanaman *Vetiveria z.* termasuk dalam golongan tanaman fitoremediasi yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi air limbah.

Dari gambar 4.1 terjadi dua trend grafik yaitu terdapat beberapa bakteri yang memiliki grafik naik di hari ke-4 tetapi pada hari ke-11 hingga hari ke-25 mengalami penurunan, hal itu disebabkan karena bakteri dan tanaman yang digunakan untuk menurunkan konsentrasi COD masih memerlukan waktu untuk beradaptasi dengan lingkungan barunya (Rizki dkk, 2015). Bakteri yang memiliki trend grafik kenaikan pada hari ke-4 terjadi pada 6 bakteri dengan kode Ra1, Ra3, Ra5, Ra6, Ra8 dan Rb1 dengan konsentrasi awal COD sebesar 692 mg/L naik menjadi 959 mg/L, 945 mg/L, 919 mg/L, 892 mg/L dan 919 mg/L pada masing-masing bakteri. Sedangkan trend kedua yaitu bakteri yang memiliki grafik penurunan COD secara signifikan dan terjadi penurunan konsentrasi secara konsisten dari hari ke hari. Bakteri yang memiliki trend grafik penurunan secara konsisten terjadi pada 4 bakteri dengan kode Ra2, Ra4, Ra7 dan Rb2 dengan konsentrasi awal sebesar 692 mg/L turun menjadi 65 mg/L, 92 mg/L, 145 mg/L dan 119 mg/L untuk masing-masing bakteri yang diuji pada hari ke-25.

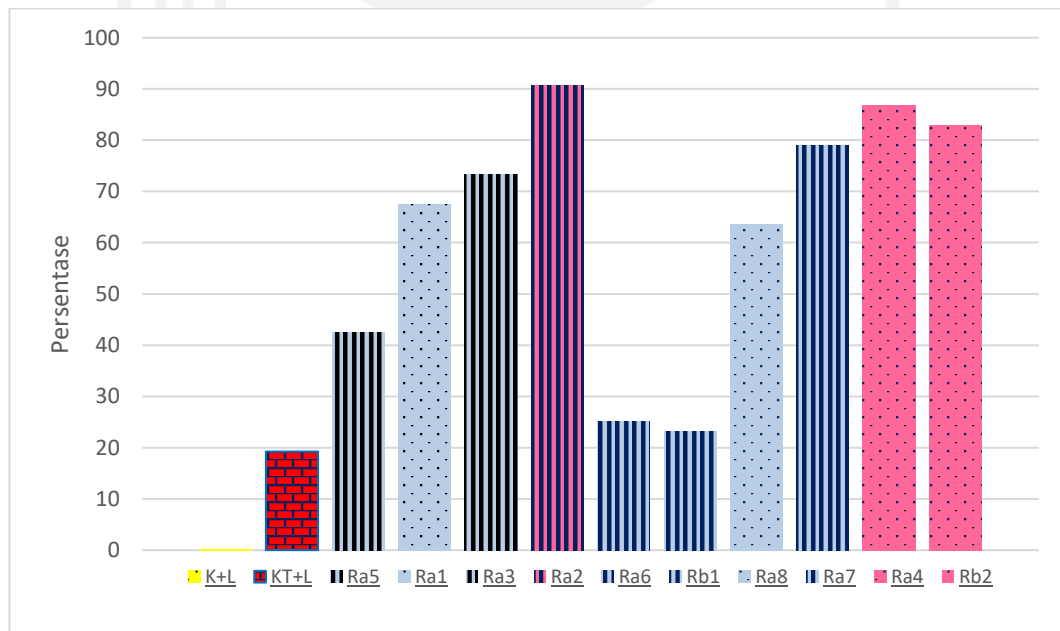
Dari pembahasan di atas, terdapat pola bahwasannya grafik yang dapat menurunkan konsentrasi COD secara konsisten dan signifikan didominasi oleh bakteri dengan gram negatif. Sedangkan bakteri dengan sifat gram positif terjadi kenaikan konsentrasi terlebih dahulu pada hari ke-4 kemudian mengalami penurunan pada hari ke-11 hingga hari ke-25. Menurut data di atas, bakteri yang paling efektif dalam mendegradasi limbah atau menurunkan konsentrasi COD adalah bakteri dengan kode Ra2 dengan konsentrasi awal sebesar 692 mg/L dan dapat diturunkan hingga konsentrasi 65 mg/L pada hari ke-25.

Setelah didapat grafik uji parameter kemudian dibandingkan dengan Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No.05 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah, di dalam baku mutu tersebut dijelaskan bahwa kadar COD tertinggi untuk baku mutu air limbah tekstil sebesar 150 mg/L atau 15 kg/ton. Dari hasil uji di atas didapatkan hasil bahwasanya bakteri yang mampu mendegradasi limbah hingga di

bawah baku mutu terdapat 4 bakteri yaitu bakteri dengan kode Ra2, Ra4, Rb2 dan Ra7 dengan konsentrasi COD akhir sebesar 65 mg/L, 92 mg/L, 119 mg/L dan 145 mg/L.

4.3 Efisiensi Removal Bakteri Endofit dalam Menurunkan Kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD)

Setelah mengetahui hasil uji parameter COD kemudian dicari efisiensi removalnya. Dari gambar 4.2 diketahui bahwa efisiensi removal kontrol adalah 0%, sedangkan efisiensi removal kontrol limbah dan tanaman tidak menunjukkan pengurangan yang signifikan yaitu 19%. Pada penelitian ini didapat bakteri dengan efisiensi removal tertinggi yaitu bakteri Ra2 dengan efisiensi removal sebesar 91%. Pada tingkat kedua terdapat bakteri Ra4 dan Rb2 dengan masing-masing removal sebesar 87% dan 83%. Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang juga menunjukkan angka degradasi COD yang sangat drastis akibat kombinasi antara tanaman dan bakteri yang digunakan untuk bioremediasi.



Gambar 4. 2 Grafik Efisiensi Reoval

Keterangan :

- | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| : Bakteri gram positif | : Bakteri bentuk sel coccus |
| : Bakteri gram negatif | : Bakteri bentuk sel basil |

Pada penelitian Sa'adah 2018, kombinasi antara tanaman *Vetiveria z.* dengan bakteri endofit dari akar tanaman *Colocasia esculenta* dapat menurunkan kadar COD pada air limbah tenun hingga 65% pada hari ke-10. Pada penelitian Jihan Fadhilah 2018, menemukan bahwasannya kombinasi antara tanaman Kolonjono (*Brachiaria mutica*) dengan bakteri dapat menurunkan kadar COD pada air limbah PT. KAI dengan efisiensi removal sebesar 69%. Pada penelitian Nain Tara dkk. 2020 mengemukakan bahwasannya kombinasi antara tanaman *P. australis* dan konsorsium bakteri dapat mendegradasi COD pada limbah tekstil dengan efisiensi removal sebesar 91%. Dan pada penelitian yang pernah dilakukan Shehzadi dkk tahun 2014 mengatakan bahwa kombinasi antara bakteri endofit dan tanaman *Typha domingensis* dapat mereduksi COD pada air limbah tekstil hingga 79%. Hal itu disebabkan karena adanya kombinasi aktivitas enzim dari tanaman dan bakteri yang dapat mengubah bahan organik menjadi senyawa yang lebih sederhana (Kabra, 2013). Senyawa sederhana tersebut nantinya akan digunakan oleh tumbuhan untuk berfotosintesis. Dengan begitu semakin berkuranglah kandungan organik yang ada di dalam reaktor (Tara, 2018).



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.2 Simpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu :

1. Dari 10 isolat bakteri yang diuji, didapat 6 bakteri dengan morfologi dominan yaitu irregular dan 5 bakteri yang memiliki warna dominan yaitu warna putih. Selain itu, terdapat 7 bakteri yang memiliki sifat gram dominan positif dan 6 bakteri yang memiliki bentuk sel dominan basil.
2. Dari semua bakteri yang diuji, dapat menurunkan konsentrasi COD pada limbah tenun. Hanya saja kemampuan setiap bakteri berbeda. Terdapat 6 bakteri yang dapat menurunkan konsentrasi COD secara bertahap dan terjadi kenaikan pada hari ke-4, sedangkan 4 lainnya dapat menurunkan konsentrasi COD secara konsisten dan signifikan. Dari keempat bakteri tersebut, 3 diantaranya memiliki sifat gram negatif dengan 1 bentuk sel basil dan 2 bentuk sel *coccus*. Bakteri yang memiliki efisiensi removal tertinggi yaitu bakteri Ra2 dengan persen removal sebesar 91%. Bakteri Ra2 dapat menurunkan konsentrasi COD dari 692 mg/L menjadi 65 mg/L pada hari ke-25. Bakteri yang dapat menurunkan konsentrasi COD hingga mampu berada di bawah baku mutu Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No.05 tahun 2012 terdapat 4 bakteri yaitu bakteri dengan kode Ra2, Ra4, Ra7 dan Rb2 dengan persen removal masing-masing bakteri sebesar 91%, 87%, 79%, dan 83%.
3. Bakteri dengan kode Ra1, Ra3, Ra5, Ra6, Ra8, Rb1 dapat menurunkan kadar COD secara bertahap dan terjadi kenaikan pada hari ke-4. Bakteri dengan kode Ra2, Ra4, Ra7, Rb2 dapat menurunkan kadar COD secara konsisten dan signifikan. Dari keempat bakteri tersebut, 3 diantaranya memiliki sifat gram negatif dengan 1 bentuk sel basil dan 2 bentuk sel *coccus*. Bakteri yang memiliki efisiensi removal tertinggi yaitu bakteri Ra2 dengan persen removal sebesar 91%. Bakteri Ra2 dapat menurunkan konsentrasi COD dari 692 mg/L menjadi 65 mg/L pada hari ke-25.

Bakteri yang dapat menurunkan konsentrasi COD hingga mampu berada di bawah baku mutu Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No.05 tahun 2012 terdapat 4 bakteri yaitu bakteri dengan kode Ra2, Ra4, Ra7 dan Rb2 dengan persen removal masing-masing bakteri sebesar 91%, 87%, 79%, dan 83%.

5.3 Saran

Saran dari penelitian ini yaitu :

1. Melanjutkan penelitian dengan cara melakukan identifikasi lanjutan terkait jenis bakteri yang mempunyai persen removal COD paling tinggi agar dapat dikembangbiakkan secara manual dan digunakan secara massal oleh pelaku industri terutama industri tenun.
2. Memperpanjang waktu pengujian/*running reaktor* agar hasil yang didapat lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Afzal, A., Mahmood, M.S., Hussain, I., Akhtar, M., 2011. Adulteration and Microbiological Quality of A Milk. *Pakistan Jurnal Nutrition*, 10(12) : 1195-1202
- Andre, R. (2017). Kajian Pengaruh Waktu Dan Ukuran Lempengan Terhadap Limbah Cair Industri Kain Tenun Songket Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Jurnal Distilasi*.
- ATCC. (2021). *Introduction to Microbiology*. Manassas: University Boulevard.
- Atima, W. (2015). BOD dan COD Sebagai Parameter Pencemaran Air dan Baku Mutu Air Limbah. *Jurnal Biology Science and Education*.
- Badu, R. (2018). Pengolahan Air Limbah Pencucian PT. KAI Yogyakarta Menggunakan Floating Treatment Wetland Kombinasi Dengan Tanaman *Vetiveria zizanioides* Dan Bakteri. *Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta*.
- Fadhilah, J. (2018). Pengolahan Air Limbah Pencucian PT. KAI Yogyakarta Menggunakan *Floating Treatment Wetland* Kombinasi dengan Tanaman Kolonjono (*Brachiaria Mutica*) dan Bakteri. *Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta*.
- Gultom, S. (2019). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Penghasil Biosurfaktan pada Kolam Tanah Gathering Station- EOR Plant di PT. Bumi Siak Pusako-Pertamina Hulu, Provinsi Riau. *Tugas Akhir. Universitas Airlangga: Surabaya*.
- Gusman, D. (2015). Peran Greenpeace dalam Penanganan Kerusakan Lingkungan (Polusi Udara dan Air) di China. *Jurnal Transnasional*, Vol. 6, No. 2.
- Hussain, Z. (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*.
- Ichtiakhiri, S. (2015). Pengelolaan Limbah B3 dan Keluhan Kesehatan Pekerja di PT. INKA (Persero) Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*.

- Kabra, A. K. (2013). Development of a bioreactor for remediation of textile effluent and dye mixture : a plant-bacterial synergistic strategy. *Water Resource*, 1035-1048.
- Kholifah, N. (2017). Analisis Yuridis Atas Pencemaran Lingkungan Akibat Oleh Pembuangan Sampah di Sungai (Studi Kasus di Wilayah Jawa Timur). *Digital Repository Universitas Jember*.
- Lizayana, Mudatsir dan Iswadi. (2016). Densitas Bakteri Pada Limbah Cair Pasar Tradisional. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*.
- Mata, J. A. et al. (2002). A Detailed Phenotypic Characterisation of The Type Strains of Halomonas Species. *Systematic and Applied Microbiology*.
- Marlisa, D. (2012). Potensi Fito-Biofilm Dalam Penurunan Kadar BOD dan COD Pada Limbah Domestik Dengan Tanaman Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Media Biofilter Sarang Tawon (Studi Kasus: Perumahan Graha Mukti, Tlogosari, Semarang). *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Nafisah, A. (2020). Degradasi Kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) Pada Limbah Tenun Oleh Bakteri Endofit. *Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia: Yogyakarta*.
- Novianti, E. (2016). Penurunan Zat Warna dari Limbah Cair Industri Tenun Songket dengan Membran Komposit Polysulfone-Polyamide (PSF-PA) Secara Ultrafiltrasi. *Thesis Politeknik Negeri Sriwijaya*.
- Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah no. 05 tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah
- Purwanto, U. (2014). Isolasi Bakteri Endofit dari Tanaman Sirih Hijau (*Piper betle* L.) dan Potensinya sebagai Penghasil Senyawa Antibakteri. *Current Biochemistry*.
- Pusparinda, R. (2016). Studi Literatur Perencanaan Floating Treatment Wetland di Indonesia. *Jurnal Teknik ITS*.
- Rinarti, I. M. (2010). Penggunaan Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*) untuk Menyisihkan Logam Timbal pada Tanah Tercemar Lindi, Studi Kasus: Leuwigajah, Kota Cimahi. . *Jurnal Teknik Lingkungan*, Vol. 16 no. 1 hal. 21-30.

- Rini, E., dkk. (2008). Pengaruh Umur dan Sistem Penanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides L.*) dalam Perbaikan Kualitas Limbah Cair Pabrik Tapioka. *Buana Sains*.
- Risma, A. (2017). Analisis Kadar COD dan BOD Pada Air Sumur Akibat Buangan Limbah Pabrik Tapioka di Kec. Palangga Kab. GOWA. *Jurnal Media Laboran*.
- Rizki dkk, N. (2015). Penurunan Konsentrasi COD dan TSS pada Limbah Cair Tahu dengan Teknologi Kolam (POND)- Biofilm Menggunakan Media Biofilter Jaring Ikan dan Bioball. *Skripsi Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Diponegoro*.
- Sa'adah, N. N. (2018). Pengolahan Limbah Cair Tenun dengan Sistem Floating Wetland Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver dan Bakteri Endofit . *Tugas Akhir. Universitas Islam Indonesia : Yogyakarta*.
- Shehzadi, M. (2014). Enhanced Degradation of Textile Effluent in Constructed Wetland System Using *Typha domingensis* and Textile Effluent-degrading Endophytic Bacteria. *Water Research*.
- Shyam, L. (2017). Bacterial Endophyte Colonization and Distribution Within Plants. *Microorganism*.
- Standar Nasional Indonesia (SNI) no. 6989. 2 : 2009 tentang Uji COD pada Air dan Air Limbah.
- Sri Nurhidayati, F. M. (2015). Deteksi Bakteri Patogen yang Berasosiasi dengan *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Bergejala Penyakit Ice-Ice. *Jurnal Sains Teknologi dan Lingkungan*, vol.1, no.2.
- Supriyatno, B. (2000). Pengelolaan Air Limbah Yang Berwawasan Lingkungan Suatu Strategi dan Langkah Penanganannya. *Jurnal Teknik Lingkungan*.
- Suwarno, S. W. (2012). Pemanfaatan Bakteri Endofit Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Dan Kesehatan Tanaman Padi Gogo. *Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian IPB*.
- Tara, N. I. (2018). Bioaugmentation of floating treatment wetland for the remediation of textile effluent. *Water Environmental Journal*.
- Ui, L. (2016). Pemanfaatan Tanaman Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides*) untuk Penyerapan Logam Berat Tembaga (Cu). *Jurnal Biologi Lingkungan*.

Undang-Undang Republik Indonesia no. 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.

Widiyanto, A. (2015). Polusi Air Tanah Akibat Limbah Industri Dan Limbah Rumah Tangga. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, Vol. 10 No. 2.



LAMPIRAN

Lampiran 1 Alat dan Bahan Uji Parameter COD

Alat :

- Pipet ukur 5 mL (2 buah)
- Pipet ukur 10 mL (2 buah)
- Labu ukur 10 mL (2 buah)
- Labu ukur 100 mL (1 buah)
- Gelas beker 100 mL (2 buah)
- Gelas ukur 100 mL (1 buah)
- Tabung refluks (18 buah)
- Vial (18 buah)
- Rak tabung reaksi (1 buah)
- Thermoreaktor (1 buah)

Bahan :

- Larutan KHP
- Larutan Digestion Solution
- Larutan pencerna asam sulfat
- Aquades
- Sampel limbah tenun

Sumber : SNI 6989.2 : 2009

Lampiran 2 Baku Mutu COD

32. Baku Mutu Air Limbah Industri Tekstil dan Batik

NO	PARAMETER	KADAR MAKS (mg/L)	BEBAN PENCEMARAN MAKSIMUM (kg/ton)							
			Tekstil Terpadu	Pencucian Kapas, Pemintalan Penenunan	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.

Catatan :

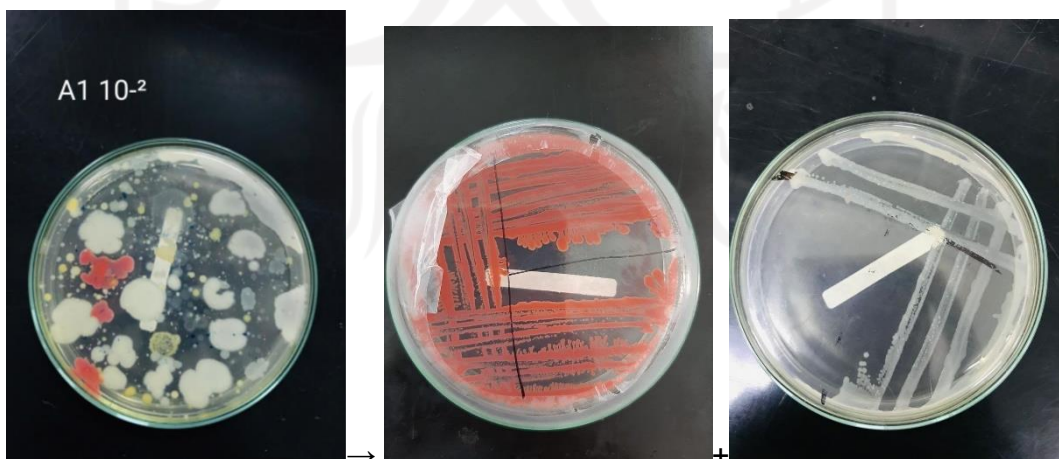
- Kadar maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam miligram parameter per liter air limbah.
- Beban pencemaran maksimum untuk setiap parameter pada tabel di atas dinyatakan dalam kilogram parameter per ton produk tekstil.
- Air limbah blow down boiler, regenerasi ion exchange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

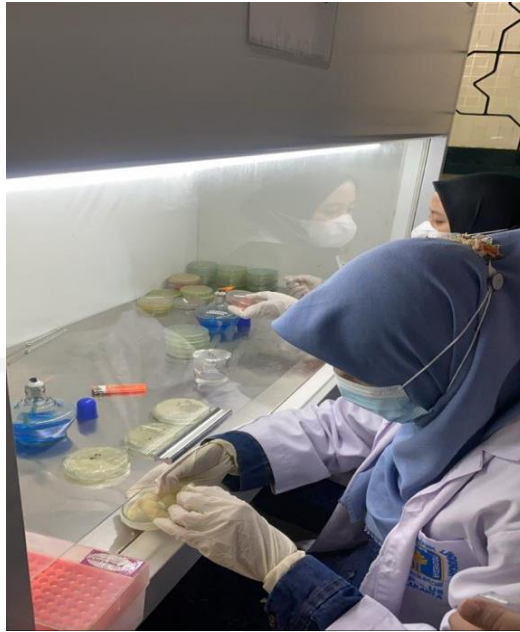
Sumber : Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah No.05 Tahun 2012

Lampiran 3 Dokumentasi Persiapan Penelitian

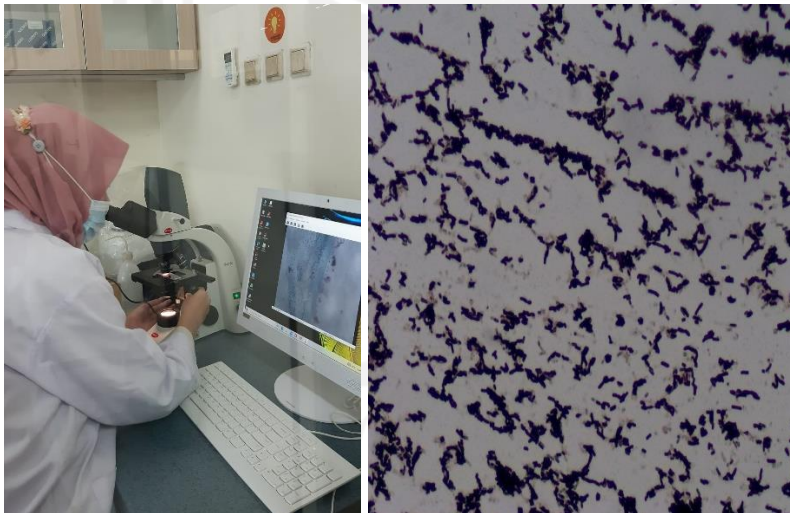


Lampiran 4 Dokumentasi Isolasi Bakteri





Lampiran 5 Dokumentasi Identifikasi Bakteri



Lampiran 6 Dokumentasi Kultur Bakteri



Lampiran 7 Running Reaktor



Lampiran 8 Dokumentasi Uji Parameter COD



Lampiran 9 Tabel Hasil Pengujian Parameter COD

Tabel 9.1 Hasil Uji Parameter COD

Sampel	Nilai COD (mg/L)				
	0	4	11	18	25
K+L	692	681	705	665	692
KT+L	692	785	639	572	559
Ra5	692	919	772	505	399
Ra1	692	959	639	359	225
Ra3	692	945	692	439	185
Ra2	692	212	145	105	65
Ra6	692	892	812	572	519
Rb1	692	919	599	585	532
Ra8	692	1132	559	399	252
Ra7	692	385	319	252	145
Ra4	692	292	172	132	92
Rb2	692	239	159	145	119

Tabel 9.1 Hasil Uji Parameter COD

Sampel	Removal (%)
K+L	0
KT+L	19
Ra5	42
Ra1	67
Ra3	73
Ra2	91
Ra6	25
Rb1	23
Ra8	64
Ra7	79
Ra4	87
Rb2	83



RIWAYAT HIDUP



- Nama Lengkap : Affie Maghfira Nuzula
- Tempat dan Tanggal Lahir : Sleman, 12 Januari 1998
- Status Anak : Putri pertama dari 3 bersaudara
- Nama Bapak : Ahsan Nur Hadi S.Si., M. Eng.
- Nama Ibu : Siti Sofi'ah S.Si.
- Pendidikan Penulis :
- MIN Tempel (2003 - 2009)
 - Gontor Putri 1 Mantingan (2009 - 2013)
 - SMAIT Bina Umat Yogyakarta (2014 - 2017)
 - Universitas Islam Indonesia (2017 - sekarang)
 - PP Universitas Islam Indonesia (2018 – sekarang)