

TA/TL/2022/1401

TUGAS AKHIR
IDENTIFIKASI PENGARUH BAKTERI INDIGEN
TERHADAP PERFORMA WETLAND UNTUK
PENGOLAHAN LIMBAH TENUN

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



PRAMADISA DWI AMANDA
17513144

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

TUGAS AKHIR
IDENTIFIKASI PENGARUH BAKTERI INDIGEN
TERHADAP PERFORMA WETLAND UNTUK
PENGOLAHAN LIMBAH TENUN

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



PRAMADISA DWI AMANDA
17513144

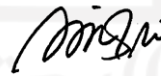
Disetujui,
Dosen Pembimbing:


15-10-21

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

NIK. 165131306

Tanggal: 15 Oktober 2021



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

NIK. 155130505

Tanggal: 15 Oktober 2021

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


Eko Sisworo, S.T., M.Sc., ES., Ph.D
NIK. 025100406
Tanggal: 19 Januari 2022

HALAMAN PENGESAHAN

**IDENTIFIKASI PENGARUH BAKTERI INDIGEN
TERHADAP PERFORMA WETLAND UNTUK
PENGOLAHAN LIMBAH TENUN**

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Senin
Tanggal : 27 Desember 2021

Disusun Oleh:

PRAMADISA DWI AMANDA
17513144

Tim Penguji :

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

()

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

()

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

()

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,



Pramadisa Dwi Amanda

NIM: 17513144

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 15 Maret 2021 ini ialah “Identifikasi Pengaruh Bakteri Indigen Terhadap Performa Wetland Untuk Pengolahan Limbah Tenun”.

Dalam penyusunan skripsi ini terdapat beberapa pihak yang terlibat, baik yang memberikan dukungan, dorongan, semangat, bimbingan serta bantuan. Maka dari itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya serta memberikan kemudahan, dan kelancaran, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng selaku pembimbing 1 dan Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si, M. Biotech., Ph.D selaku pembimbing 2 yang memberikan waktu, masukan, bantuan, dan juga selalu bersabar untuk membimbing penulis pada saat proses penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Bapak Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M.Eng selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan dan arahan dalam perbaikan penelitian tugas akhir ini.
4. Segenap dosen dan seluruh staf akademik yang selalu membantu dan memberikan fasilitas, ilmu, dan pendidikan pada penulis hingga dapat menunjang dalam penyelesaian tugas akhir ini.
5. Bapak H. Mail dan Hj. Ibah Sohibah, selaku kedua orang tua penulis yang selalu memberikan motivasi, semangat, dan selalu memanjatkan doa kepada Allah SWT, serta Khusnul Kotimah, Muh. Fahmi Maulana Ma'arif, Nafisa Izzatul Jannah, dan Maulana Adi Patria selaku keluarga penulis yang selalu berdoa dan memberi dukungan selama perkuliahan terutama dalam penyusunan laporan tugas akhir ini.
6. Sahabat saya yaitu Avira Urbaningrum, Nadhifa Fikri Amalia Syahid, dan Risti Antikah yang selalu memberikan semangat dan motivasi.
7. Sahabat kuliah saya yaitu Septiara Nur Islamy, Khalfina Maharani, dan Diffa Shahira yang telah berjuang bersama selama masa perkuliahan hingga saat ini, dan selalu memberikan masukan serta dukungan kepada penulis.
8. Tim wetland yaitu Affie Maghfira, Chaerisa Noor, Fazhlin Nabila, Sri Monita Andalina, dan Luthfia Aisyah yang telah berjuang bersama-sama untuk menyelesaikan penelitian dan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih banyak kekurangan. Sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna penyempurnaan laporan tugas akhir ini. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan dapat diimplementasikan di masa mendatang.

Yogyakarta, 15 Oktober 2021

Pramadisa Dwi Amanda





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

ABSTRAK

PRAMADISA DWI AMANDA. Identifikasi Pengaruh Bakteri Indigen Terhadap Performa Wetland Untuk Pengolahan Limbah Tenun. Dibimbing oleh Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng dan ANNISA NUR LATHIFAH, S.Si, M.Biotech., Ph.D.

Industri tekstil di Indonesia berkembang sangat pesat, dengan adanya industri tekstil ini menyebabkan peningkatan limbah produksi. Dalam pengolahan industri tekstil akan menghasilkan limbah cair yang mengandung senyawa organik yang dapat mencemari lingkungan. Oleh karena itu, diperlukan pengolahan limbah tenun untuk mengatasi dampak pencemaran dari limbah cair tenun yang dapat mencemari lingkungan. Penelitian ini memiliki tujuan yaitu untuk mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri *indigenous* yang memiliki potensi dalam mengolah limbah cair tenun, serta mengidentifikasi pengaruh pertumbuhan bakteri indigen dari tanah terkontaminasi dalam meningkatkan performa *wetland* untuk pengolahan limbah cair tenun. Pada penelitian ini metode yang dilakukan yaitu dengan mengekstraksi bakteri dari tanah, isolasi bakteri, kultur bakteri untuk memperbanyak koloni, uji morfologi, serta menghitung pertumbuhan bakteri indigen dalam limbah tenun. Dari hasil isolasi dan identifikasi, koloni bakteri yang terpilih yaitu sebanyak 9 koloni. Setiap koloni memiliki ciri-ciri morfologi yang berbeda-beda. Dari 9 koloni terpilih, 6 koloni memiliki jenis gram positif dan 3 koloni memiliki jenis gram negatif. Pertumbuhan bakteri dengan menggunakan metode *total plate count* (TPC) pada hari ke-25 terdapat 4 koloni bakteri yang memiliki pertumbuhan yang cukup signifikan yaitu Sb-2 dengan jenis gram negatif bentuk kokus, Sb-6 jenis gram positif bentuk basil, Sb-4b jenis gram positif bentuk basil, dan Sb-7 jenis gram negatif bentuk kokus. Keempat koloni dapat menunjukkan pertumbuhan sel sebanyak $1,59 \times 10^7$ CFU/mL, $4,20 \times 10^6$ CFU/mL, $4,69 \times 10^6$ CFU/mL, dan $5,98 \times 10^6$ CFU/mL. Hal ini didukung dengan persen removal penurunan kadar COD pada sampel Sb-2 yang cukup tinggi yaitu sebesar 83% serta sampel Sb-6 sebesar 79%, dan persen removal penurunan kadar warna yang tertinggi yaitu terdapat pada sampel bakteri Sb-6 yakni sebesar 65%.

Kata kunci: Bakteri *Indigenous*, *Wetland*, Limbah Tenun, *Total Plate Count* (TPC)

ABSTRACT

PRAMADISA DWI AMANDA. *Identify the Effect of Indigenous Bacteria on Wetland Performance for Woven Waste Treatment. Supervised by Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng and ANNISA NUR LATHIFAH, S.Si, M.Biotech., Ph.D.*

The textile industry in Indonesia is growing very rapidly, with also causing an increase in its production waste. In the processing of the textile it will produce wastewater that contains organic compounds that can pollute the environment. Therefore, woven waste treatment is needed to overcome the impact of pollution from woven liquid waste that can pollute the environment. This research aims to isolate and identify indigenous bacteria that have potential in processing woven wastewater and identify the effect of the growth of indigenous bacteria from contaminated soil in improving wetland performance to treat woven wastewater. In this research, the method was carried out by extracting bacteria from the soil, bacterial isolation, bacterial culture to multiply colonies, morphological tests, and calculate the growth of indigenous bacteria in woven waste. From the results of isolation and identification, the selected bacterial colonies are as many as 9 colonies. Each colony has different morphological features. Out of the 9 selected colonies, there are 6 colonies had gram positive types and 3 colonies had gram negative. The Bacterial growth using the total plate count (TPC) method there are 4 bacterial colonies on the day 25th that have significant growth, namely Sb-2 with the type of gram negative form of coccus, Sb-6 type gram positive bacilli, Sb-4b type gram positive bacilli, and Sb-7 type of gram negative form coccus. The four colonies can show cell growth of 1.59×10^7 CFU/mL, 4.20×10^6 CFU/mL, 4.69×10^6 CFU/mL, and 5.98×10^6 CFU/mL. This is supported by a percent removal reduction in COD levels in Sb-2 samples which is quite high, which is 83% and Sb-6 samples by 79%, and percent removal of the highest color reduction in Sb-6 bacterial samples, which is 65%.

Keywords: *indigenous bacteria, wetland, weaving waste, total plate count*



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

DAFTAR ISI

PRAKATA	i
ABSTRAK	iii
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	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Asumsi Penelitian	3
1.6. Ruang Lingkup	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Limbah Cair Industri Tenun.....	5
2.2. Pengolahan Limbah Cair Secara Biologi.....	5
2.3. Media <i>Nutrient Agar</i> (NA).....	6
2.4. Bakteri Indigen	6
2.5. Parameter Fisika	8
2.6. Reaktor <i>Floating Treatment Wetland</i>	9
2.7. Isolasi Bakteri.....	11
2.8. Total Plate Count	11
2.9. Penelitian Terdahulu	11
BAB III METODE PENELITIAN	15
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	15
3.2. Metode Penelitian	15
3.3. Isolasi Bakteri <i>Indigenous</i> dari Tanah Tercemar	16
3.4. Pemurnian Bakteri	19

3.5.	Identifikasi Bakteri <i>Indigenous</i>	20
3.6.	Kultur Bakteri <i>Indigenous</i>	22
3.7.	Reaktor <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW)	23
3.7.1.	Persiapan Reaktor <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW).....	23
3.7.2.	Aklimatisasi Tanaman <i>Vetiveria Zizanioides</i>	24
3.7.3.	Running Reaktor <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW)	25
3.8.	Pengujian dan Analisis Data	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		30
4.1.	Hasil Identifikasi Bakteri	30
4.2.	Hasil Pengujian Parameter Fisika.....	39
4.2.1.	<i>Electric Conductivity</i>	39
4.2.2.	Suhu	42
4.2.3.	pH	43
4.3.	Hasil Uji Pertumbuhan Bakteri (TPC).....	45
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		50
5.1.	Kesimpulan	50
5.2.	Saran	50
DAFTAR PUSTAKA.....		52
LAMPIRAN		60
RIWAYAT HIDUP.....		72



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu	12
Tabel 3.1 Sampel Untuk <i>Running</i> Reaktor.....	26
Tabel 4.1 Identifikasi Morfologi Bakteri.....	29
Tabel 4.2 Pengamatan Pewarnaan Gram.....	35
Tabel 4.3 Nilai OD	39





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian	16
Gambar 3.2 Tahapan Ekstraksi Bakteri.....	17
Gambar 3.3 Sampel Penelitian Terdahulu	17
Gambar 3.4 Tahapan Persiapan Media.....	18
Gambar 3.5 Tahapan Pengenceran.....	19
Gambar 3.6 Tahapan <i>Streak</i> Bakteri	20
Gambar 3.7 <i>Colony Morphology</i>	21
Gambar 3.8 Tahapan Pewarnaan Gram.....	22
Gambar 3.9 Skema Proses Kultur Bakteri <i>Indigenous</i>	23
Gambar 3.10 Reaktor <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW)	24
Gambar 3.11 Tanaman <i>Vetiveria Zizanioides</i> Awal Aklimatisasi	25
Gambar 3.12 Tanaman <i>Vetiveria Zizanioides</i> Setelah Aklimatisasi	25
Gambar 3.13 <i>Running</i> Reaktor <i>Floating Treatment Wetland</i>	27
Gambar 3.14 Skema Proses Pengujian <i>Total Plate Count</i> Hari Ke-0.....	28
Gambar 3.15 Skema Proses Pengujian <i>Total Plate Count</i> Hari Ke-11,18,25 ...	29
Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian <i>Electric Conductivity</i> (EC).....	40
Gambar 4.2 Grafik Pengujian EC pada Kontrol Tanaman dengan Aquades	40
Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Suhu	42
Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian pH	44
Gambar 4.5 Grafik Pengujian Jumlah Bakteri (TPC)	45
Gambar 4.6 Grafik Efisiensi Persen Removal COD	46
Gambar 4.7 Grafik Efisiensi Persen Removal Warna.....	46



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الابستد الاندو

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pengujian OD Bakteri <i>Indigenus</i>	58
Lampiran 2 Hasil <i>Streak</i> Koloni Bakteri 4 Kuadran.....	58
Lampiran 3 Hasil Pengujian Parameter Bakteri (TPC).....	61
Lampiran 4 Hasil Pengujian Parameter Fisika	64
Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian.....	68





BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia termasuk negara kaya akan sejarah dan budaya. Kain tenun termasuk salah satu warisan budaya bangsa Indonesia. Selain memiliki nilai budaya yang tinggi, kain tenun juga merupakan simbol identitas masyarakat setempat. Untuk menjaga dan melestarikan warisan budaya tersebut semakin banyak industri tenun yang berkembang. Pembangunan dari sektor industri tenun menghasilkan limbah baik berjenis padat, cair, maupun gas dan berakibat negatif bagi sekitar (Khasanah, 2009).

Tahapan proses dalam pembuatan tenun menggunakan berbagai macam bahan kimia, salah satunya yaitu bahan pewarna. Dari proses pembuatan tenun tersebut akan menghasilkan limbah cair sebagai pencemar pada perairan dan sumber pencemar utamanya yaitu berasal dari bahan pewarna (Rahayu dan Aulia, 2015). Pada industri tenun menggunakan zat warna yaitu warna sintetik, zat tersebut sulit untuk terurai di lingkungan dan memiliki senyawa kompleks. Dampak dari pembuangan limbah tenun dapat menyebabkan perubahan warna pada air sungai, kekeruhan, dan timbulnya bau yang menyengat. Melalui saluran irigasi maupun selokan, air limbah tersebut akan mengalir ke persawahan, sehingga padi-padi pada sawah akan menyerap air limbah tenun yang terkandung logam berat (Sa'adah, 2020). Pencemaran logam berat menghasilkan perhatian serius sebab bisa menyebabkan penyakit-penyakit degeneratif (Zahoor dan Rehman, 2009).

Pengolahan limbah cair tenun yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu pengolahan limbah cair secara biologi, yang mana pada pengolahan ini menggunakan sistem *floating treatment wetland* dengan inokulasi bakteri indigen. *Wetland* merupakan salah satu teknologi sederhana yang memanfaatkan tanaman dan mikroorganisme untuk melakukan pengolahan limbah cair. Untuk menyerap polutan dengan sistem FTW ini menggunakan akar pada tanaman yang

mengambang di air dengan menambahkan bakteri dalam prosesnya (Fadhilah *et al.*, 2018). Bakteri yang diisolasi dari limbah yang secara alamiah hidup pada limbah merupakan bakteri indigen yang mempunyai potensi dalam berlangsungnya bioremediasi (Fidiastuti dan Suarsini, 2017). Teknik terhadap dekolorisasi limbah cair tekstil hasil sisa pencelupan dengan zat warna sintetis dapat dilakukan oleh bakteri indigen. Hasil isolasi bakteri *indigenous* dari limbah tenun mempunyai kecakapan juga adaptasi terhadap kondisi limbah yang baik serta mempunyai kegiatan enzim, dimana aktivitas enzim tersebut dapat melangsungkan teknik dekolorisasi zat warna menjadikan senyawa sederhana, agar tidak membahayakan dan mencemari sekitar (Martiningsih dan dan Rahmi, 2019). Berdasarkan penelitian yang dilakukan Zhang *et al.* (2015) pengolahan limbah cair menggunakan sistem *floating treatment wetland* dapat menurunkan kadar BOD5 (70,73%), NH4 (63,58%), dan TP (44,8%), hasil presentasi menggunakan sistem FTW lebih besar dibandingkan dengan tipe wetland lainnya. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan proses identifikasi pengaruh bakteri *indigenous* yang memiliki kemampuan untuk mendegradasi kandungan senyawa organik yang terkandung dalam limbah cair industri tenun dengan menggunakan sistem *floating treatment wetland* (FTW).

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dari penelitian ini adalah adanya industri tenun dapat menimbulkan pencemaran limbah cair tenun yang berasal dari proses pewarnaan. Sehingga, untuk mengatasi pencemaran tersebut dapat dilakukan pengolahan secara biologis dengan sistem *floating treatment wetland* yang diinokulasi dengan bakteri indigen yang berasal dari tanah terkontaminasi limbah cair tenun dengan mengidentifikasi bagaimana pengaruh bakteri indigen terhadap performa *wetland* untuk pengolahan limbah tenun.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri indigen dari tanah terkontaminasi yang memiliki potensi dalam mengolah limbah cair tenun.

2. Mengidentifikasi pengaruh pertumbuhan bakteri indigen dari tanah terkontaminasi dalam meningkatkan performa *wetland* untuk pengolahan limbah cair tenun.

1.4. Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Manfaat Khusus Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat menghasilkan informasi terkait kemampuan pertumbuhan populasi bakteri indigen dalam proses pengolahan limbah cair industri tenun.

2. Manfaat Umum

Manfaat untuk masyarakat dan pemerintah yaitu dapat menjadikan penelitian ini sebagai referensi untuk pengolahan limbah cair tenun yang efisien dan ekonomis, agar dapat mengurangi tercemarnya lingkungan yang diakibatkan dari industri tenun.

1.5. Asumsi Penelitian

Asumsi dari penelitian ini adalah jumlah populasi bakteri indigen berpengaruh dalam pengolahan limbah cair tenun. Apabila jumlah bakteri yang tumbuh semakin banyak, menunjukkan bahwa bakteri tersebut dapat hidup atau berkembangbiak pada limbah tenun, sehingga bakteri tersebut mampu mendegradasi dan menurunkan kadar polutan serta parameter yang terkandung dalam limbah tenun.

1.6. Ruang Lingkup

Berikut ini merupakan ruang lingkup perencanaan dari tugas akhir yaitu sebagai berikut :

1. Pengumpulan sampel tanah yang terkontaminasi air limbah cair industri tenun
2. Isolasi bakteri indigen dari tanah yang terkontaminasi limbah cair industri tenun

3. Uji parameter fisika meliputi pH, temperatur udara, EC, temperatur air limbah, dan *humidity*
4. Uji parameter pertumbuhan koloni bakteri (TPC)
5. Sampel air limbah yang digunakan langsung berasal dari industri



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Cair Industri Tenun

Limbah tenun yakni limbah yang berasal dari industri tenun dari proses pemberian warna (*dyeing*), yang mana pada proses ini membutuhkan senyawa kimia dan juga air sebagai bahan pelarut. Limbah cair tenun yang dibuang langsung ke badan air dapat membahayakan makhluk hidup yang menggunakan air tersebut. Hal ini terjadi karena adanya senyawa kimia sintetis yang memiliki daya cemar yang dominan. Senyawa kimia sintetis juga terbukti dapat mencemari lingkungan dan sulit untuk diuraikan (Elvania, 2016).

Selain zat warna, limbah cair tenun juga mengandung beberapa parameter seperti pH, COD, dan kekeruhan. Apabila kandungan-kandungan pada air limbah tersebut tidak diolah dengan baik dan benar, maka lingkungan menjadi tercemar. Sekitar 10-15% kandungan zat warna terbuang ke lingkungan yang nantinya akan membahayakan lingkungan dan kesehatan makhluk hidup (Chequer *et al*, 2013).

2.2. Pengolahan Limbah Cair Secara Biologi

Pada umumnya berbagai macam pengelolaan pencemaran air dibuat melalui teknologi pencegah dan penanggulangan pencemaran air dilihat dari karakteristik air limbah yang akan diolah (Priadie, 2012). Untuk mendegradasi pewarna tekstil sudah banyak diterapkan dan dikembangkan, baik metode secara fisik, kimia, maupun biologi. Biodegradasi yaitu proses untuk mengolah limbah cair secara biologis, dimana dalam pengolahannya memanfaatkan mikroorganisme yang bertujuan untuk menguraikan bahan-bahan organik berbahaya menjadi tidak berbahaya. Pada prosedur biodegradasi akan terjadinya konversi lengkap dari bahan-bahan kimia yang kompleks menghasilkan produk seperti air yang termineralisasi (H_2O) dan karbondioksida (CO_2) (Sumarsono, 2011).

Pengolahan limbah cair secara biologi yaitu proses pengolahan limbah dengan menggunakan kemampuan mikroorganisme agar dapat mendegradasi atau menguraikannya senyawa organik yang terkandung pada air limbah, kandungan air limbah berubah ke senyawa yang lebih sederhana dan tidak berbahaya (Utami dkk., 2019). Mikroorganisme akan mengkonsumsi protoplasma untuk menopang hidupnya apabila zat organik yang tersedia kurang. Oleh karena itu, keberadaan mikroorganisme sangat tergantung pada zat yang terkandung dalam air limbah. Proses ini disebut dengan respirasi endogen (*endogenous respiration*) (Gunawan, 2006).

2.3. Media Nutrient Agar (NA)

Media merupakan tempat pertumbuhan mikroorganisme, dimana media mengandung nutrisi yang digunakan mikroorganisme untuk makanannya. Nutrient agar memiliki serbuk berwarna putih kekuningan. Setelah media NA digunakan akan berbentuk padat, dikarenakan pada media NA memiliki kandungan agar sebagai pematatnya (Radji, 2010). Mikroorganisme tidak mampu menguraikan agar karena memiliki sifat yang mudah membeku dan terkandungnya karbohidrat. Ekstrak daging dan pepton tergolong bahan dasar karena termasuk sumber karbohidrat, protein, nitrogen, dan vitamin yang dibutuhkan oleh bakteri sebagai pertumbuhan dan perkembangannya (Fatmariza *et al.*, 2017)

Nutrient agar (NA) adalah media kompleks bernutrisi tinggi yang terdiri dari ragi atau ekstrak tumbuhan, ekstrak daging, ataupun protein sederhana yang berasal dari sumber lain yang dibutuhkan bakteri untuk pertumbuhannya. Media NA dapat digunakan untuk kultur bakteri dan isolasi biakan murni (Radji, 2010). *Nutrient Agar* merupakan media yang mengandung nutrisi minimal dan konsentrasi protein rendah. Media *nutrient agar* biasanya banyak digunakan untuk media penyimpanan bakteri (Departemen Mikrobiologi Klinik, 2015).

2.4. Bakteri Indigen

Bakteri indigen memiliki sifat petrofilik, yang mana bakteri indigen ini memiliki kemampuan untuk mendegradasi senyawa yang ada pada air limbah untuk keperluan metabolisme dan perkembangbiakannya, bakteri indigen merupakan mikroba pribumi

sehingga bakteri indigen sudah beradaptasi dengan berbagai faktor lingkungan pada habitat asalnya (Munawar dkk., 2008). Hasil dari isolasi bakteri *indigenous* dari lingkungan yang terkontaminasi akan lebih mudah beradaptasi pada lingkungan limbah, serta memiliki aktivitas enzim yang mampu mendekolorisasi zat warna (Martiningsih dan Rahmi, 2019).

Berdasarkan penelitian Gowri *et al*, (2020) terdapat 4 koloni bakteri yaitu *Bacillus velezensis*, *Chryseomicrobium imtechense*, *Planococcus maritimus* and *Sphingobacterium daejeonens*. Diantara empat isolat bakteri tersebut, *bacillus velenzensis* lebih efektif dalam pengurangan polutan limbah dibandingkan dengan koloni bakteri lainnya. Bakteri indigen tersebut dapat menghilangkan 98% warna, 71,5% TDS, 69,65% COD, dan 69,65% klorida. Hasil penelitian Gowri *et al* (2020) menunjukkan bahwa bioremediasi dengan bakteri indigen merupakan cara yang ramah lingkungan dan terjangkau untuk pengolahan limbah zat warna.

Berdasarkan penelitian Vishnoi *et al*, (2020) 4 koloni bakteri indigen yang telah diisolasi, diidentifikasi melalui karakteristik morfologi dan biokimia. Bakteri yang diisolasi menunjukkan bahwa semua bakteri tampak berbentuk batang dengan ukuran berkisar 1,33 hingga 2,84 μm . Hasil optimasi menunjukkan semua bakteri dapat tumbuh dengan maksimal pada pH 8, dan suhu 35°C. Semua koloni bakteri yang telah diisolasi tersebut dapat mendegradasi zat warna hingga 88%.

Penelitian yang dilakukan oleh Hussain *et al*, (2018) dari 30 koloni bakteri indigen yang diisolasi, setelah diidentifikasi dan dilihat morfologinya hanya 8 koloni bakteri yang terpilih. 8 koloni bakteri tersebut yaitu *Bacillus alvei*, *Bacillus polymyxa*, *Corynebacterium rathayi*, *Staphylococcus aureus*, *Zymomonas anaerobia*, *Bacillus megaterium*, *Aerobacter aerogenes* and *Micrococcus conglomeratus*. Penghilangan warna oleh isolat dicapai dengan konsentrasi zat warna 5% pada suhu 37°C. Delapan isolat bakteri yang terpilih tersebut sangat efisien dalam menghilangkan zat warna, sehingga menghasilkan parameter yang sesuai dengan baku mutu.

Keuntungan dari pengolahan limbah menggunakan bakteri *indigenous* yaitu biaya yang dibutuhkan lebih murah dibandingkan dengan menggunakan bakteri komersial. Selain itu, bakteri komersial akan menyebabkan terjadinya kompetisi

dengan bakteri yang ada pada air limbah, karakteristik bakteri komersial juga belum tentu sesuai dengan karakteristik limbah yang akan diolah (Mane *et al*, 2009).

2.5. Parameter Fisika

Pada saat degradasi mikroorganisme memanfaatkan senyawa-senyawa sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhannya (Semarsono, 2011). Kecepatan degradasi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain, kelembaban, suhu, pH, nutrien, jenis mikroorganisme, jenis polimer, serta ketebalan polimer (Ratnasari, 2020). Oleh karena itu, aktivitas biodegradasi mikroorganisme dapat diamati dari perubahan parameter fisik. Parameter fisika yang dapat diamati yaitu sebagai berikut :

2.5.1. *Electric Conductivity*

Pengukuran daya hantar listrik (DHL) atau *electric conductivity* digunakan untuk menentukan derajat mineralisasi dan disosiasi air destilasi, mengevaluasi perlakuan yang tepat untuk kondisi air mineral, mengestimasi efek keseluruhan dari konsentrasi ion, memperkirakan jumlah padatan terlarut dalam air, dan menentukan apakah air baik untuk dikonsumsi atau tidak. Daya hantar listrik dapat digunakan sebagai indikator banyaknya zat organik serta mineral yang merupakan bahan pencemar dalam suatu perairan (Mukarromah, 2016).

Alat yang digunakan untuk mengukur nilai daya hantar listrik pada suatu larutan yaitu menggunakan *conductivity meter*. Pengukur konduktivitas sering diintegrasikan dengan pengukur parameter lain, seperti pH, TDS, dan lain sebagainya. Suhu dapat mempengaruhi nilai daya hantar listrik, dimana nilai DHL pada larutan standar apabila terjadi perubahan suhu akan memberikan perbedaan yang besar pada nilai daya hantar listrik (Tooley, 2002).

2.5.2. Suhu

Suhu dapat mempengaruhi aktivitas enzim, peningkatan suhu dapat menyebabkan penurunan pH enzim. Dimana apabila pH rendah, maka enzim pencernaan akan lebih mudah untuk menghancurkan bahan baku yang bersumber dari makanan yang dikonsumsi. Suhu juga dapat mempengaruhi kerja enzim pada

bakteri. Dengan suhu yang lebih tinggi akan meningkatkan proses enzimatik atau metabolisme bakteri, sehingga semakin cepat proses aktivitas penguraian suatu bahan (amonia atau nitrit). Apabila suhu telah mencapai batas optimum, maka kecepatan reaksi akan meningkat dan kemudian menurun setelah batas suhu optimum dilewati (Taufik *et al.*, 2005).

2.5.3. pH

Derajat keasaman merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui intensitas kemasaman atau basa pada suatu larutan. pH memiliki pengaruh penting terhadap proses biologi dan kimia. Menurut Sutrisno (2006) pH dapat mempengaruhi pertumbuhan mikroorganisme pada suatu larutan. Keasaman atau alkalinitas pada suatu larutan dapat diketahui dari nilai pH, tetapi pH tidak dapat mengukur seluruh kemasaman atau seluruh alkalinitas. Nilai dari suatu pH dapat mendeskripsikan keadaan suatu larutan bersifat asam atau basa, selain itu nilai pH juga dapat dijadikan tolak ukur untuk pengukuran konsentrasi ion hidrogen pada larutan. Keberadaan karbonat, hidroksida, dan bikarbonat pada suatu perairan akan meningkatkan alkalinitas pada air, sedangkan keberadaan asam mineral bebas dan asam karbonat dapat meningkatkan kemasaman pada suatu perairan (Chapman, 2000).

Aktivitas dan pertumbuhan mikroorganisme dalam tanah dipengaruhi oleh pH. Biasanya pH yang dibutuhkan oleh mikroorganisme untuk pertumbuhannya sama dengan pH yang dibutuhkan oleh tanaman. Nilai pH netral merupakan nilai yang optimum bagi pertumbuhan mikroorganisme, namun terdapat juga mikroorganisme yang tumbuh pada pH 2 dan pH 10 (Batubara *et al.*, 2015).

2.6. Reaktor *Floating Treatment Wetland*

Floating Treatment Wetland (FTW) adalah salah satu konsep pengolahan dimana vegetasi ditanam pada infrastruktur yang terapung, vegetasi tersebut akan terapung di permukaan air (Tanner dan Headly, 2012). Fungsi dari FTW yaitu dapat berfungsi sebagai peningkat kualitas air, pengolahan sungai, pengolahan air limbah domestik, dan pengolahan limbah industri. Adapun keunggulan dari FTW antara lain, dalam pengaplikasiannya tidak membutuhkan banyak lahan dan juga

tidak berpengaruh pada fluktuasi (Pusparinda dan Santoso, 2016). FTW pada umumnya digunakan untuk berbagai macam pengolahan air limbah seperti air hujan, pengolahan air limbah domestik, air limbah industri, dan air limbah tambang (Sirage et al, 2017).

Kinerja FTW dengan adanya vegetasi, bakteri, serta vegetasi dan bakteri dievaluasi dengan studi parameter kualitas air pada interval waktu yang berbeda. FTW yang bervegetasi dapat menghilangkan polutan organik dan anorganik dalam proporsi yang tinggi dibandingkan dengan FTW yang tidak bervegetasi (Tara et al, 2019). Hasil penelitian Hussain et al, (2018) ditunjukkannya pengurangan polutan tertinggi pada air limbah tekstil ketika tanaman dan bakteri bekerja secara sinergis. Penurunan ini dapat disebabkan oleh aktivitas enzimatik gabungan dari bakteri dan tumbuhan untuk mengubah bahan organik menjadi metabolit sederhana (Kabra, 2013).

Sistem *floating treatment wetland* dapat menghilangkan logam berat (Fe, Ni, Cr, dan Cd) secara signifikan. Sistem *floating treatment wetland* dengan inokulasi bakteri mampu menghilangkan Cr dan Fe lebih dari 90%, Ni lebih dari 80%, dan Cd lebih dari 60% (Tara et al, 2019). Peran bakteri dalam penyerapan ion logam pada dinding sel mereka sangat menonjol (Khan et al, 2014).

Berdasarkan penelitian sebelumnya, sistem *floating treatment wetland* dengan kombinasi tanaman *vetiveria zizanioides* dan bakteri dapat mendegradasi polutan organik yaitu Fe sebesar 36%, Pb 87%, dan TSS 70%. Selain mendegradasi polutan organik, sistem FTW menggunakan tanaman *vetiveria zizanioides* dan bakteri juga mampu mendegradasi polutan organik seperti BOD yaitu sebesar 60%, COD 40%, dan amonia 95% (Prasetya, 2019).

Cara untuk menilai kinerja FTW biasanya menggunakan salah satu metode yaitu menggunakan *mesocosms*, kolam dengan skala kecil. Untuk menghindari kerusakan dari radiasi ultraviolet kolam tersebut dibuat dengan tangki dan rakit apung yang dilapisi dengan aluminium foil. Kemudian rakit apung tersebut dibor dengan tujuan untuk membuat lubang-lubang yang nantinya akan ditanami tanaman. Setiap lubang diisi dengan sabut kelapa, tanah, dan pasir untuk menopang pertumbuhan tanaman (Tara et al, 2019).

2.7. Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri yaitu dimana suatu proses bakteri dipisahkan dari asalnya ke alam kemudian tumbuh sebagai biakan murni dalam bentuk buatan. Tujuan isolasi bakteri yaitu memperoleh bakteri yang diinginkan dengan diambil contoh mikroba asal tanah maupun lingkungan lainnya yang akan diteliti. Selanjutnya sampel dikultur/dibiakan dibantu media selektif juga universal. Pada media selektif tersedia nutrisi serta keadaan lingkungan yang mendukung untuk tumbuhnya mikroba yang dikehendaki, tetapinya menghambat pertumbuhan bakteri lain (Priadie, 2012) .

Ada faktor-faktor yang perlu diperhatikan ketika melakukan isolasi mikroorganisme, antara lain media pertumbuhan mikroorganisme harus sesuai, jenis mikroorganisme yang akan diisolasi, dan cara menguji mikroorganisme yang telah diisolasi. Adapun beberapa teknik yang dapat dilakukan dalam mengisolasi mikroorganisme yaitu Teknik Penyebaran (*Spread Plate*), Agar Tuang (*pour plate*), dan Teknik Penggoresan (*streak*) (Irianto, 2012).

2.8. Total Plate Count

Total Plate Count merupakan salah satu metode untuk mengetahui keberadaan jumlah koloni bakteri. Metode *Total Plate Count* merupakan analisis untuk menguji cemaran bakteri dengan menggunakan metode pengenceran dan metode cawan tuang (Prasetya, 2019). Secara umum metode *Total Plate Count* dalam prosesnya menggunakan media (Nutrient Agar) yang mana nantinya akan mendapatkan kesimpulan yakni koloni yang dapat diamati secara visual berupa angka dalam koloni (CFU) per ml atau per gram atau koloni/100ml. Pada metode ini dilakukan sesuai dengan prosedur yang telah ditetapkan (Santi, 2017). Nutrient Agar merupakan media penyubur dan sebagai nutrisi untuk makanan mikroba (Dwidjoesepuro, 2015).

2.9. Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu mengenai pengolahan limbah tekstil menggunakan bakteri dengan sistem *floating treatment wetland* :

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Hipotesa
1	<i>On-site performance of floating treatment wetland macrocosms augmented with dye degrading bacteria for the remediation of textile industry wastewater</i>	- N. Tara - M. Arslan - Z. Hussain - M. Iqbal - Q.M. Khan - M. Afzal	2019	<ul style="list-style-type: none"> • Sistem FTW dengan menggunakan tanaman dan bakteri menunjukkan mampu mendegradasi polutan tertinggi • Sistem FTW menunjukkan potensi jangka panjang yaitu dapat dioperasikan selama 2 tahun untuk praktik remediasi di lapangan • Bakteri menunjukkan resistensi dalam air, akar, serta pucuk tanaman yang menunjukkan potensial kemitraan antara bakteri dengan tanaman dalam mendegradasi polutan
2	<i>Biodegradation of textile dye effluent through Indigenous bacteria</i>	- Neha Vishnoi - Sonal Dixit - Yamini Gupta	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Bakteri indigen bersifat adaptif dan memiliki kemampuan untuk mendegradasi pewarna dalam limbah tekstil • Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa dalam mendegradasi warna dengan menggunakan bakteri indigen yaitu sebesar 88%
3	Efektifitas Bakteri Indigenous Limbah Cair Batik Untuk Dekolorisasi Sisa Pencelupan Tekstil Dengan Zat Warna Remazol Blue	- Martini ngsih - Syifa Ur Rahmi	2019	<ul style="list-style-type: none"> • Bakteri <i>Bacillus</i> spp₁, merupakan bakteri <i>indigenous</i> yang paling efektif untuk dekolorisasi zat warna dengan efisiensi dekolorisasi sebesar 90,88% • Konsentrasi zat warna sebesar 100 mg/l dan waktu dekolorisasi selama 3 hari merupakan kondisi optimum untuk proses dekolorisasi

				zat warna dengan menggunakan bakteri indigenous asal limbah cair tekstil
4	Pengolahan Limbah Cair Tenun Dengan Sistem Floating Treatment Wetland Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver Dan Bakteri Endofit	Nurun Nailis Sa'dah	2020	<ul style="list-style-type: none"> • Dalam penelitian ini menunjukkan semua bak mengalami penurunan konsentrasi pada setiap parameter • Efisiensi removal COD yaitu 65%, untuk zat warna dapat diturunkan hingga 94%, dan efisiensi parameter TSS yaitu 78%.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III

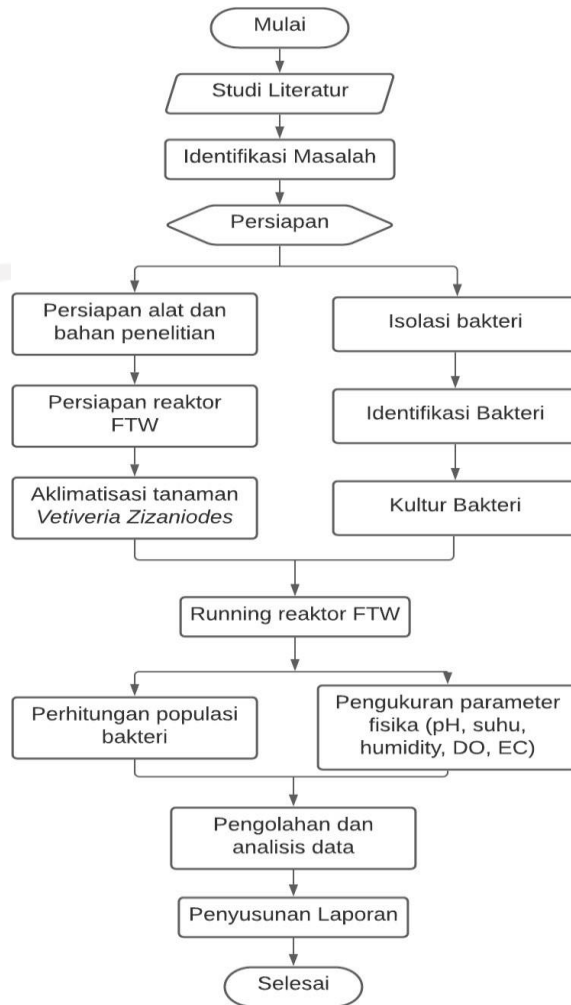
METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

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

3.2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara mengidentifikasi pengaruh populasi bakteri dalam mengolah limbah tenun untuk mendegradasi polutan yang terkandung dalam limbah tenun dengan menggunakan sistem *floating treatment wetland* (FTW). Berikut merupakan metode penelitian secara singkat dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

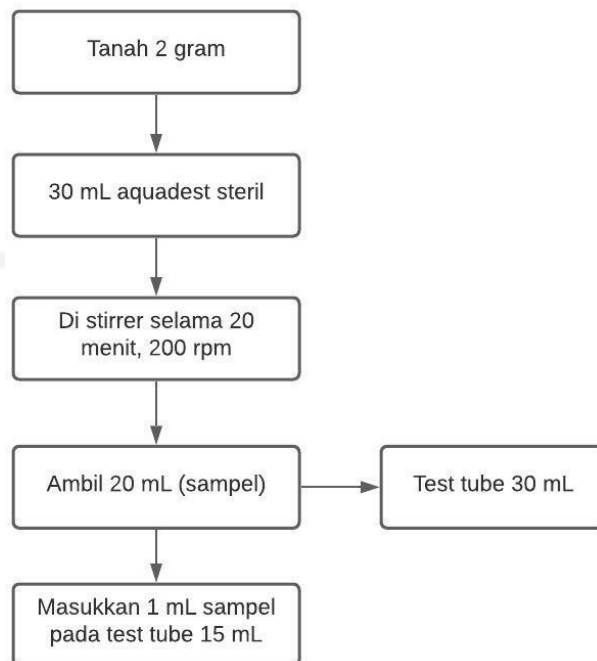


Gambar 3.1 Diagram Alir Metode Penelitian

3.3. Isolasi Bakteri *Indigenous* dari Tanah Tercemar

A. Ekstraksi Bakteri

Sampel tanah yang digunakan pada penelitian ini yaitu didapatkan dari penelitian sebelumnya. Tahap pertama yang dilakukan pada ekstraksi bakteri yaitu dengan mengambil tanah 2 gram dan ditambahkan aquadest steril sebanyak 30 mL, kemudian di *stirrer* selama 20 menit dengan kecepatan 200 rpm. Setelah itu ambil airnya sebanyak 20 mL ke dalam test tube 30 mL, 20 mL air tersebut merupakan sampel yang akan digunakan. Dari 20 mL sampel tersebut diambil sebanyak 1 mL dan dimasukkan pada test tube 15 mL untuk dilakukan tahap selanjutnya yaitu pengenceran.



Gambar 3.2 Tahapan Ekstraksi Bakteri

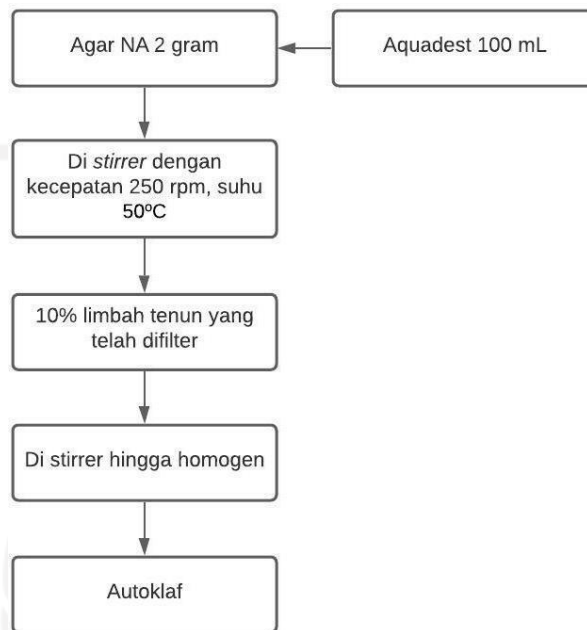


Gambar 3.3 Sampel Penelitian Terdahulu

B. Persiapan Media

Pada penelitian ini media yang digunakan untuk isolasi bakteri *indigenous* yaitu dengan menggunakan media *Nutrient Agar* (NA). Media *Nutrient Agar* (NA) diambil sebanyak 2 gram, kemudian diencerkan dengan 100 mL aquadest. Media NA yang telah diencerkan di stirrer pada suhu 50°C dengan kecepatan

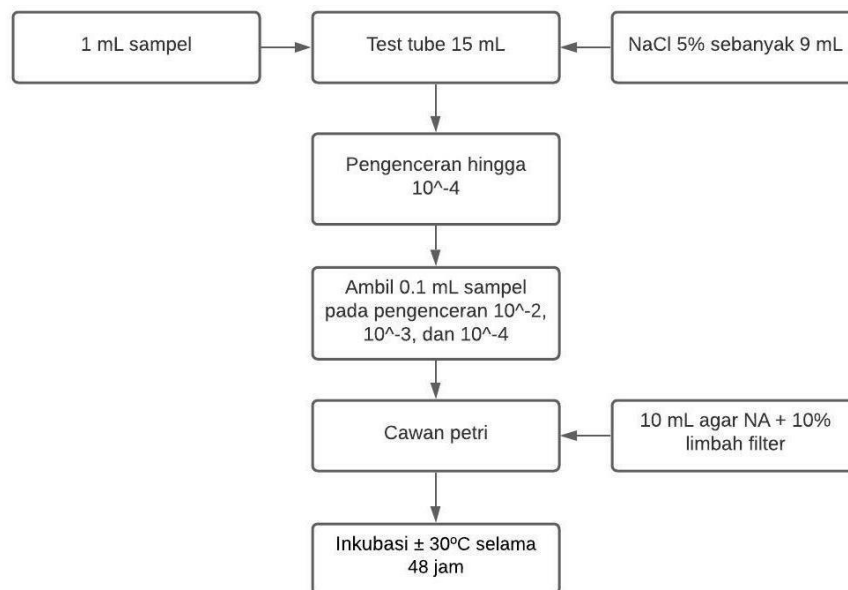
250 rpm. Selanjutnya tambahkan 10% limbah tenun yang sudah difilter dan di *stirrer* hingga homogen kemudian di autoklaf.



Gambar 3.4 Tahapan Persiapan Media

C. Isolasi Bakteri

Pada penelitian ini teknik yang digunakan dalam mengisolasi bakteri *indigenous* yaitu dengan teknik *pour plate*, yang bertujuan untuk menumbuhkan koloni mikroorganisme murni pada media agar. Sebelum koloni mikroorganisme ditumbuhkan pada media agar dalam cawan petri, terlebih dahulu dilakukan tahap pengenceran. Pada penelitian ini dilakukan pengenceran bertingkat hingga 10^{-4} . Dimana pada tahap ini 1 mL sampel ditambahkan dengan NaCl 5% sebanyak 9 mL, masing-masing hasil pengenceran (10^{-2} , 10^{-3} , dan 10^{-4}) diambil sebanyak 100 μ l (0,1 mL) dan dimasukkan pada cawan petri, lalu ditambahkan *Nutrient Agar* (NA) yang telah dicampur 10% limbah cair tenun yang telah difilter dengan metode *pour plate* kemudian diinkubasi pada suhu 30°C selama 48 jam (Shehzadi *at al*, 2016).



Gambar 3.5 Tahapan Pengenceran

3.4. Pemurnian Bakteri

Sebelum dilakukan tahap pemurnian bakteri, terlebih dahulu amati berapa jenis koloni bakteri yang tumbuh pada cawan petri setelah diinkubasi selama 48 jam. Setelah itu, setiap jenis koloni bakteri yang tumbuh, kemudian di *streak* pada cawan petri baru menggunakan jarum ose dengan goresan T, yang bertujuan untuk memperoleh *single colony*. Tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan *single colony* yaitu panaskan terlebih dahulu jarum ose diatas bunsen hingga memijar dan dinginkan. Setelah itu, ambil satu induk bakteri dan goreskan pada permukaan media agar NA yang dimulai dari satu ujung. Sebelum menggoreskan ose untuk membuat kuadran baru, jarum ose terlebih dahulu dipijarkan dan dinginkan. Kemudian diinkubasi pada suhu 30°C selama 48 jam (Lay dan Jutono, 2016).

Setelah 48 jam pertumbuhan bakteri diamati, apakah pada cawan petri tersebut terdapat bakteri yang diinginkan dan tidak terkontaminasi dengan bakteri lain. Jika dalam cawan petri tersebut sudah terdapat *single colony*, maka dilakukan *streak* pada agar miring untuk tahap selanjutnya yaitu kultur bakteri. Tetapi apabila bakteri yang tumbuh pada cawan petri terkontaminasi dengan bakteri lain

atau tidak terdapat *single colony*, maka bakteri tersebut di *streak* ulang hingga mendapatkan *single colony*.























Gambar 3.6 Tahapan *Streak* Bakteri

3.5. Identifikasi Bakteri *Indigenus*

A. Morfologi Bakteri

Dalam mengidentifikasi bakteri dilakukan setelah tahap pemurnian bakteri. Pada penelitian yang dilakukan Vishnoi *at al*, (2020) identifikasi morfologi bakteri dapat dilakukan dengan menggunakan mikroskop. Koloni bakteri tunggal (*single colony*) dikarakterisasi secara morfologi, yaitu dilakukan dengan mengamati karakteristik bentuk dan warna koloni (Fibriana *at al*, 2017). Pada penelitian ini, pengamatan karakterisasi bakteri mengacu kepada *introduction to microbiology* dalam mengidentifikasi morfologi bakteri dapat diamati dengan melihat ciri morfologinya, seperti *shape*, *margin*, *elevation*, *size*, *appearance*, *optical property*, *texture*, dan *pigmentation* (ATCC, 2021).

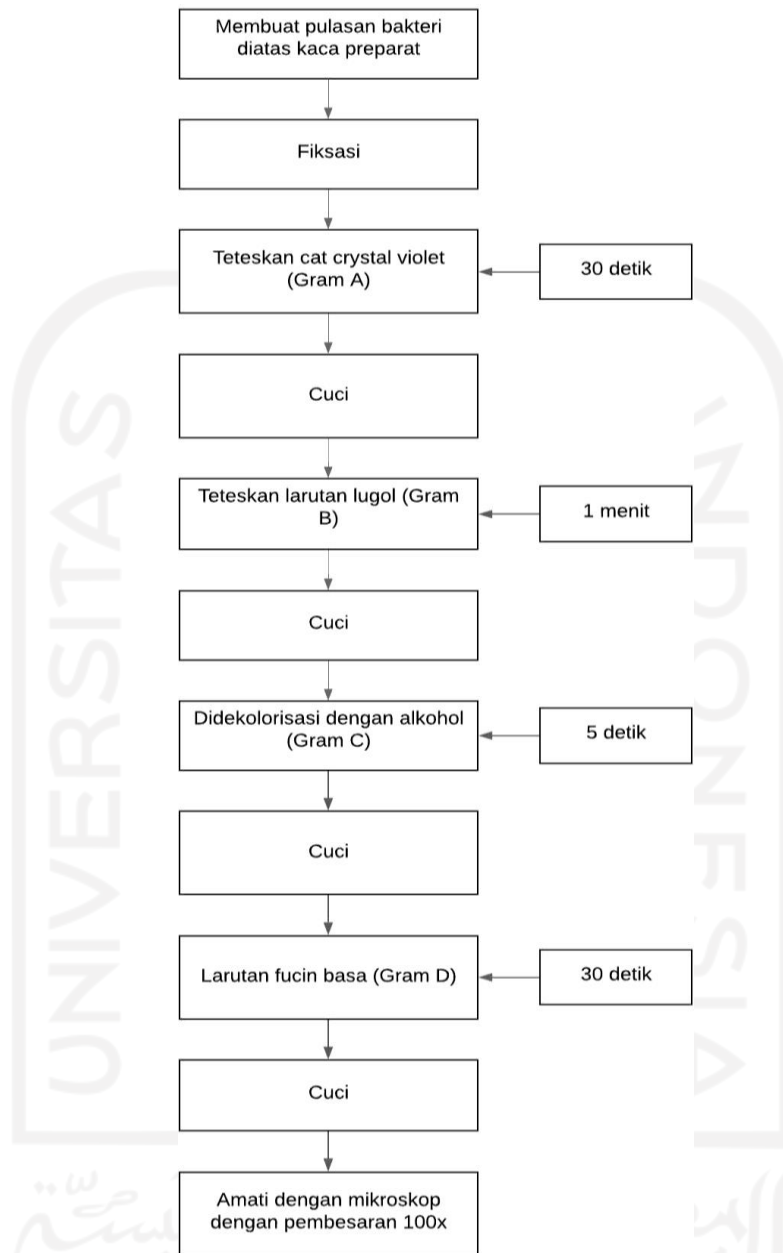
Shape						
	Filamentous	Spindle	Irregular	Circular	Rhizoid	
Margin						
	Entire	Undulate	Lobate	Curled	Rhizoid	Filamentous
Elevation						
	Flat	Raised	Convex	Pulvinate	Umbonate	
Size						
	Punctiform	Small	Moderate	Large		
Apperance	Glistening or dull					
Optical property	Transparent, translucent,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

Gambar 3.7 colony morphology

Sumber : ATCC, 2021

B. Pewarnaan Bakteri

Untuk mengidentifikasi bentuk sel bakteri dilakukan tahap pewarnaan gram. Tahapan proses pewarnaan bakteri yaitu membuat pulsan bakteri pada kaca preparat terlebih dahulu, kemudian keringkan dan fiksasi dengan api. Teteskan cat *crystal violet* (Gram A) dan diamkan selama 30 detik. Setelah itu, sisa cat dibuang dan cuci dengan menggunakan aquadest. Teteskan larutan lugol (Gram B) dan diamkan selama 1 menit, cuci kembali dengan menggunakan aquadest. Kemudian di dekolorisasi (diberi larutan peluntur) dengan alkohol (Gram C) dan diamkan selama 5 detik, setelah 5 detik cuci dengan aquadest. Kemudian tambahkan larutan fucin basa (Gram D) dan diamkan selama 30 detik, cuci kembali dengan aquadest, dan amati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100x.

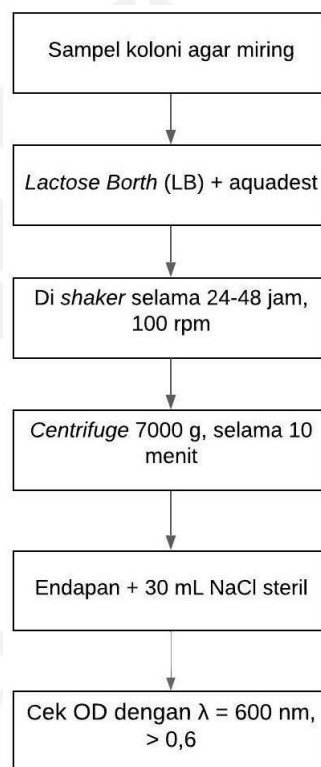


Gambar 3.8 Tahapan Pewarnaan Gram (Lay dan Jutono, 2016)

3.6. Kultur Bakteri *Indigenus*

Berdasarkan penelitian yang dilakukan Shehzadi *et al*, (2016) bakteri yang telah diidentifikasi, kemudian ambil koloni bakteri yang sama untuk ditanam pada agar miring dengan metode *streak plate*. Pada penelitian ini jumlah koloni yang di tanam atau ditumbuhkan pada agar miring yaitu sebanyak 9 koloni bakteri. Sampel koloni yang tumbuh pada agar miring dimasukkan pada erlenmeyer 100

mL yang berisi *Lactose Broth* (LB), kemudian sampel tersebut di *shaker* dan/atau *waterbath* selama 24-48 jam dengan kecepatan 100 rpm. Sampel yang telah *dishaker*, kemudian *dicentrifuge* dengan 7000 g selama 10 menit. Dari proses *centrifuge* akan terjadi endapan, dimana air dibuang, sedangkan endapan ditambahkan 30 mL NaCl steril. Kemudian dilakukan pengecekan nilai *optical density* (OD) menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm, nilai OD harus lebih dari 0,6. Jika nilai OD lebih dari 0,6 ambil sampel untuk dilakukan pengujian konsentrasi koloni, tetapi apabila nilai OD kurang dari 0,6 maka inkubasi ulang selama 3 hari.



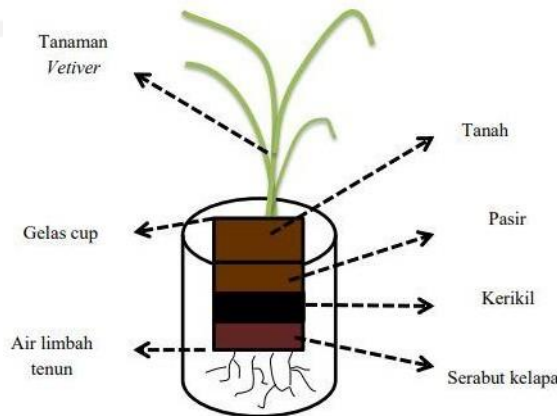
Gambar 3.9 Skema Proses Kultur Bakteri *Indigenous*

3.7. Reaktor *Floating Treatment Wetland* (FTW)

3.7.1. Persiapan Reaktor *Floating Treatment Wetland* (FTW)

Pada penelitian ini reaktor *floating treatment wetland* (FTW) yang digunakan yaitu reaktor FTW yang berbentuk jar, dengan volume reaktor sebesar 500 mL, dimana reaktor *floating treatment wetland* (FTW) ini menggunakan toples yang berdiameter 18 cm dan tinggi 19 cm. Fungsi dari toples tersebut

yaitu untuk menampung air limbah tenun. Dalam satu toples terdapat cup yang berisi 3-4 batang tanaman *vetiver*. Adapun media yang digunakan dalam cup yaitu sabut kelapa (1 cm), pasir (2 cm), kerikil (1 cm), dan tanah (5 cm) (Sa'adah, 2020). Berikut ini adalah desain reaktor FTW :



Gambar 3.10 Reaktor *Floating Treatment Wetland*

3.7.2. Aklimatisasi Tanaman *Vetiveria Zizanioides*

Sebelum tanaman *vetiveria zizanioides* diaplikasikan pada air limbah, tanaman *vetiveria zizanioides* terlebih dahulu diaklimatisasi selama 3,5 bulan di dalam rumah kaca, agar tanaman dapat beradaptasi pada media dan lingkungan baru, serta untuk memaksimalkan pertumbuhan akar. Pada proses aklimatisasi tanaman *vetiveria zizanioides*, tinggi tanaman tersebut dipotong sekitar 15 cm (Sa'adah, 2020). Pertumbuhan tanaman diamati setiap 2 minggu sekali dengan mengukur tinggi tanaman dan mengganti air dengan menambahkan pupuk hidroponik. Berikut ini merupakan gambar aklimatisasi tanaman *vetiveria zizanioides* :



Gambar 3.11 Tanaman *Vetiveria Zizanioides* Awal Aklimatisasi



Gambar 3.12 Tanaman *Vetiveria Zizanioides* Setelah Aklimatisasi

3.7.3. Running Reaktor *Floating Treatment Wetland* (FTW)

Pada penelitian ini dilakukan *running* reaktor setelah proses kultur bakteri. Waktu sampling pengujian reaktor FTW yaitu dilakukan selama 25, dengan pengujian sampel pada hari ke 0, 11, 18, dan 25. Reaktor FTW diletakkan di dalam rumah kaca yang bertujuan agar suhu tetap optimal, sehingga tanaman *vetiver* dapat tumbuh dengan baik. Jumlah reaktor yang digunakan disesuaikan dengan jumlah bakteri yang akan diuji pada reaktor, dan ditambah tiga reaktor yang digunakan untuk kontrol. Setiap reaktor ditambahkan 500 mL limbah tenun yang telah diencerkan 10x, dengan konsentrasi warna awal sebesar 19133 Pt-Co dengan konsentrasi COD sebesar 692 mg/L. Sampel koloni bakteri yang diinokulasikan ke dalam reaktor yaitu sebanyak 9 sampel antara lain Sb-2, Sb-3,

Sb-5, Sb-6, Sb-1, Sc-1, Sb-4a, Sb-4b, dan Sb-7, dimana setiap sampelnya dimasukkan ke reaktor sebanyak 25 mL. Selain itu, terdapat 3 kontrol yang digunakan pada running reaktor yaitu kontrol tanaman *vetiver* yang ditambah dengan 500 mL limbah tenun, kontrol tanaman *vetiver* yang hanya ditambahkan aquadest tanpa menggunakan limbah tenun, dan kontrol 500 mL limbah tenun tanpa menggunakan tanaman *vetiver*. Dalam kurun waktu 1 minggu sampel limbah tenun yang terdapat dalam reaktor diambil sebanyak 35 mL untuk dilakukan pengujian parameter jumlah bakteri (TPC), COD, warna, dan logam.

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



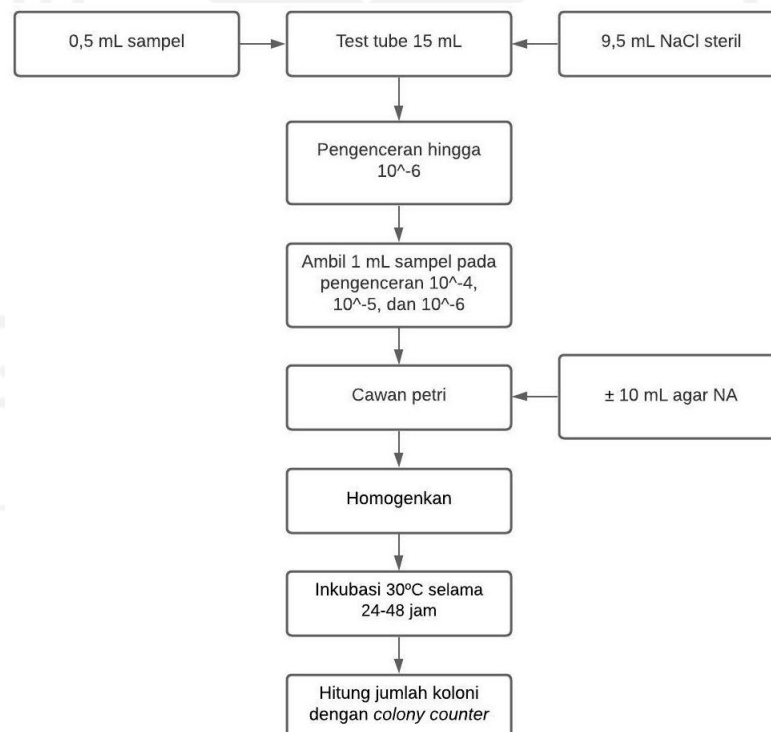
Gambar 3.13 *Running* Reaktor *Floating Treatment Wetland*

3.8. Pengujian dan Analisis Data

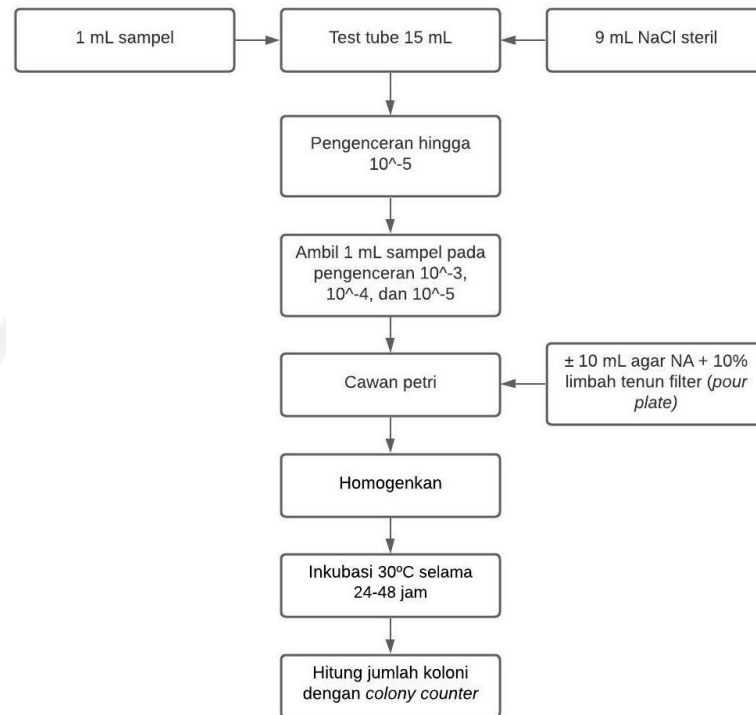
Pengujian pertumbuhan bakteri dilakukan sebelum *running* reaktor, untuk mengetahui berapa jumlah bakteri yang diinokulasi ke dalam reaktor. Pengukuran pertumbuhan bakteri dilakukan dengan menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC). Pengujian TPC awal dilakukan untuk mengetahui jumlah bakteri pada hari ke-0, dimana sampel yang digunakan pada pengujian hari ke-0 yaitu menggunakan sampel dari hasil kultur bakteri. Tahap pertama yang dilakukan untuk pengujian pertumbuhan koloni bakteri (TPC) hari ke-0 yaitu dilakukan pengenceran bertingkat 10^{-1} hingga 10^{-6} . Sebanyak 0,5 mL sampel dimasukkan ke dalam test tube yang berisi 9,5 mL NaCl 0,9% steril. Test tube yang pertama merupakan pengenceran 10^{-1} . Setelah itu, dari hasil pengenceran pertama diambil 0,5 mL dan dimasukkan pada test tube kedua yang berisi 9,5 mL NaCl 0,9% steril untuk pengenceran 10^{-2} . Pengenceran dilakukan hingga 10^{-6} . Dari hasil pengenceran terakhir yaitu 10^{-4} , 10^{-5} , dan 10^{-6} diambil 0,5 mL dan dimasukkan ke dalam cawan petri. Kemudian media *Nutrient Agar* (NA) dimasukkan ke dalam cawan petri dengan metode tuang (*pour plate*). Homogenkan cawan petri sampai media dan sampel tersebar merata. Setelah media membeku, cawan petri

diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu 30°C. Setelah selesai diinkubasi, koloni bakteri yang tumbuh pada setiap cawan petri dihitung dengan menggunakan *colony counter*.

Untuk mengetahui pertumbuhan bakteri selama *running* reaktor, maka dilakukan pengujian TPC pada hari ke 11, 18, dan 25. Pengujian jumlah populasi bakteri selama *running* reaktor dilakukan pengenceran bertingkat 10^{-1} hingga 10^{-5} , dimana 9 mL NaCl 0.9% ditambahkan dengan 1 mL sampel. Kemudian dari masing-masing pengenceran diambil 1 mL dan dimasukkan ke dalam cawan petri. Setelah itu, media Nutrient Agar (NA) yang telah ditambahkan 10% sampel air limbah yang telah difilter dimasukkan ke dalam cawan petri dengan metode *pour plate*. Homogenkan cawan petri sampai media tersebar merata. Setelah media membeku, cawan petri diinkubasi dengan posisi terbalik pada suhu 30°C selama 24-48 jam. Kemudian koloni bakteri yang tumbuh pada setiap cawan petri dihitung dengan menggunakan *colony counter* (Radji, 2010:37).



Gambar 3.14 Skema Proses Pengujian *Total Plate Count* Hari Ke-0



Gambar 3.15 Skema Proses Pengujian *Total Plate Count* Hari Ke 11, 18 dan 25

Dari hasil pengujian yang didapatkan, membandingkan jumlah bakteri pada saat hari ke 0, 11, 18, dan 25 apakah populasi bakteri bertambah atau tidak. Perbandingan dilakukan untuk melihat pengaruh bakteri indigen untuk meningkatkan performa *wetland* dalam mengolah limbah tenun. Cawan yang dipilih dan dihitung yaitu cawan yang ditumbuhi koloni bakteri yang berjumlah antara 30-300 koloni (Radji, 2010:37). Adapun rumus yang digunakan untuk perhitungan jumlah koloni per ml sampel (CFU/mL) yaitu :

Jumlah koloni

Dimana :

fp = faktor pengenceran


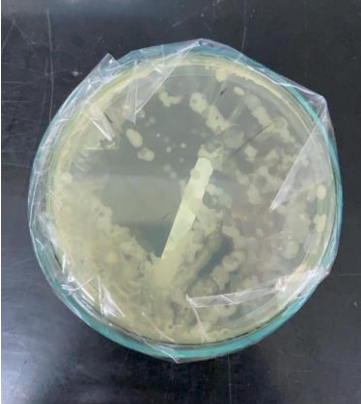
BAB IV

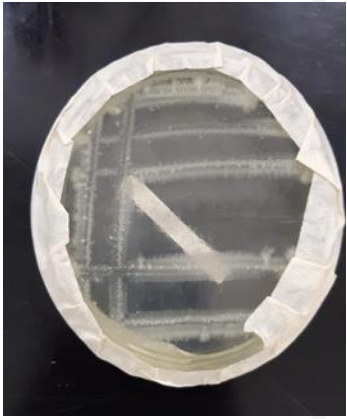

HASIL DAN PEMBAHASAN

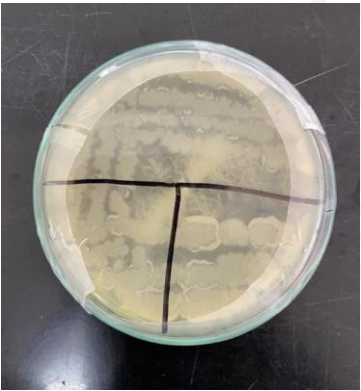
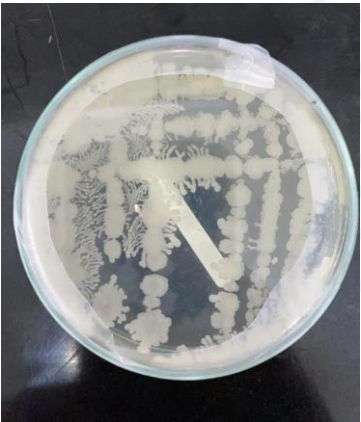
4.1. Hasil Identifikasi Bakteri

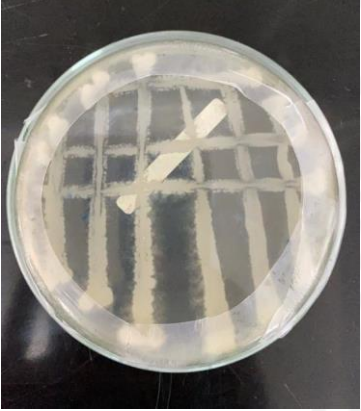
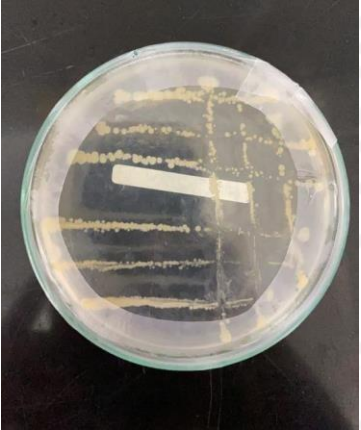
Pada penelitian ini jumlah koloni bakteri yang terpilih yaitu sebanyak 9 koloni bakteri. Setelah didapatkan 9 koloni murni, kemudian dilakukan identifikasi bakteri. Ciri-ciri morfologi pada bakteri yaitu meliputi bentuk, warna, tepi, elevasi, dan diameter koloni (Fidiastuti dan Suarsini, 2017). Pengamatan karakteristik morfologi pada penelitian ini mengacu kepada buku *introduction to microbiology* yang diterbitkan oleh ATCC 2021. Adapun ciri-ciri morfologi yang perlu diidentifikasi pada penelitian ini yaitu *shape, margin, elevation, size, appearance, optical property, texture, dan pigmentation*. Berikut ini merupakan hasil pengamatan identifikasi morfologi bakteri :

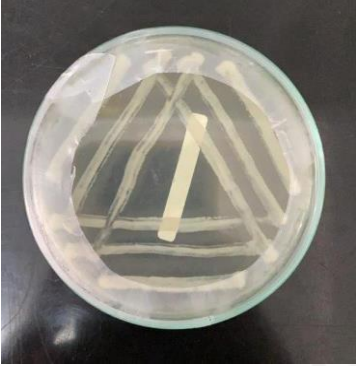
Tabel 4.1 Identifikasi Morfologi Bakteri

No	Sampel	Gambar	Shape	Margin	Elevation	Size	Apperance	Optical property	Texture	Pigmentation
1	Sb-2		Irregular	Undulate	Flat	Small	Dull	Translucent	Smooth	Non pigmented (off white)
2	Sb-3		Irregular	Undulate	Flat	Moderate	Dull	Transparent	Rough	Non pigmented (off white)

No	Sampel	Gambar	Shape	Margin	Elevation	Size	Apperance	Optical property	Texture	Pigmentation
3	Sb-5		Irregular	Entire	Umbonate	Large	Dull	Translucent	Mucoid	Non pigmented (off white)
4	Sb-6		Irregular	Entire	Convex	Punctiform	Glistening	Transparent	Smooth	Non pigmented (off white)

No	Sampel	Gambar	Shape	Margin	Elevation	Size	Apperance	Optical property	Texture	Pigmentation
5	Sb-1		Filamentous	Undulate	Flat	Large	Dull	Transparent	Rough	Non pigmented (cream)
6	Sc-1		Filamentous	Rhizoid	Flat	Moderate	Dull	Translucent	Rough	Non pigmented (off white)


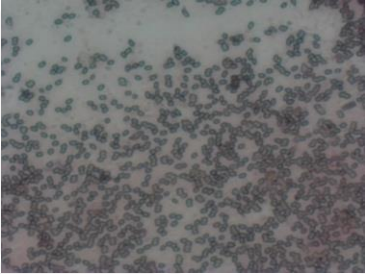
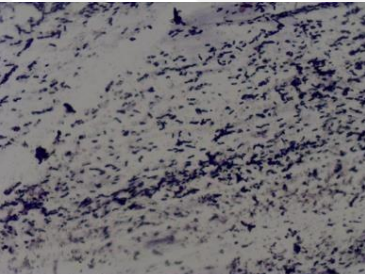
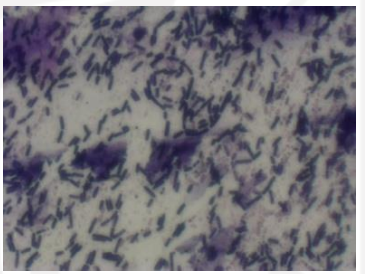
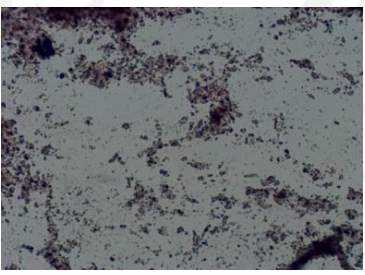
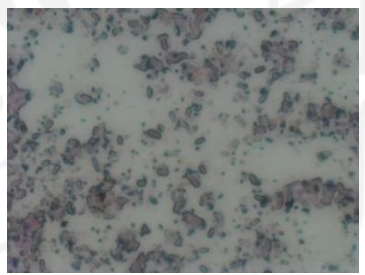
No	Sampel	Gambar	Shape	Margin	Elevation	Size	Apperance	Optical property	Texture	Pigmentation
7	Sb-4a		Filamentous	Undulate	Flat	Small	Dull	Translucent	Rough	Non pigmented (off white)
8	Sb-4b		Circular	Entire	Flat	Small	Glistening	Opaque	Smooth	Non pigmented (cream)

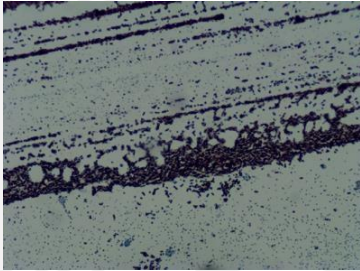
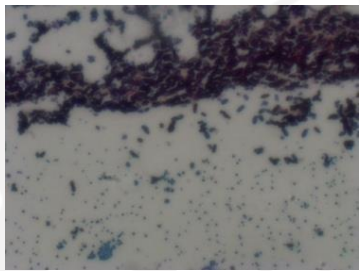
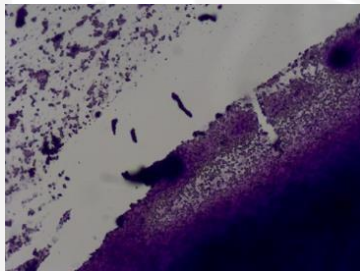
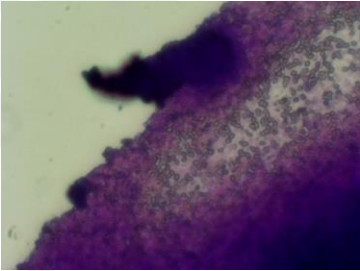
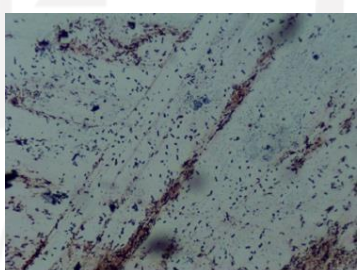
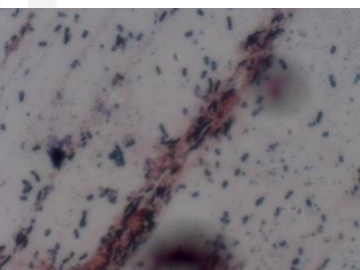
No	Sampel	Gambar	Shape	Margin	Elevation	Size	Apperance	Optical property	Texture	Pigmentation
9	Sb-7		Circular	Entire	Flat	Punctiform	Glistening	Transparent	Smooth	Non pigmented (cream)

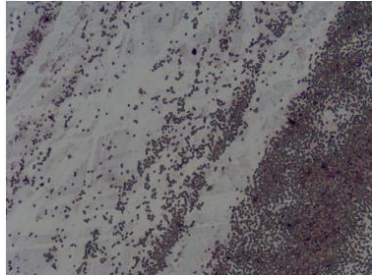
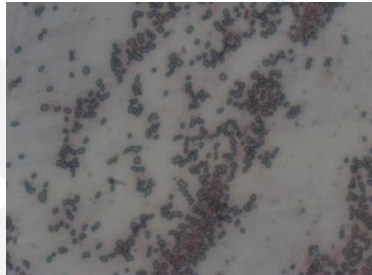
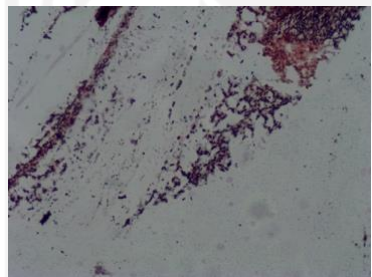
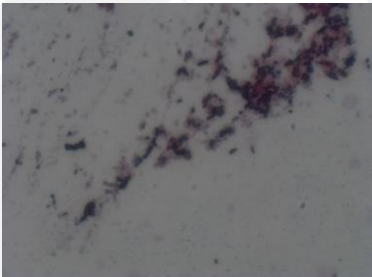

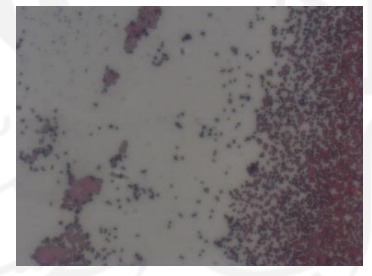
Dari data diatas, didapatkan bahwa pada sampel bakteri Sb-2, Sb-3, Sb-5, dan Sb-6 memiliki bentuk (*shape*) yang sama yaitu irregular, pada sampel Sb-1, Sc-1, dan Sb-4a memiliki bentuk filamentous. Sedangkan pada sampel Sb-4b dan Sb-7 memiliki bentuk circular. Elevasi dan margin pada setiap koloni juga berbeda-beda. 7 koloni bakteri memiliki elevasi *flat*, 1 koloni memiliki elevasi *umbonate* yaitu pada bakteri Sb-5, dan 1 koloni lainnya memiliki elevasi *convex* yaitu pada sampel Sb-6. Sedangkan margin pada masing-masing koloni yaitu 4 koloni memiliki *margin undulate*, 4 koloni memiliki *margin entire*, dan 1 koloni memiliki *margin rhizoid*. dari hasil pengamatan, terdapat 4 size bakteri yang berbeda-beda yaitu *small*, *large*, *punctiform*, dan *moderate*. Dimana bakteri yang memiliki *size small* yaitu sebanyak 3 koloni, bakteri yang memiliki *size large* sebanyak 2 koloni, 2 koloni memiliki *size punctiform*, dan 2 koloni lainnya memiliki *size moderate*. Dari 9 koloni yang diamati, terdapat 5 koloni bakteri yang memiliki warna *off white*, dan 4 koloni berwarna cream. Setiap spesies memiliki bentuk koloni yang dapat berbeda-beda dan merupakan karakteristik dari spesies tertentu. Pengamatan mengenai karakteristik morfologi bakteri perlu dilakukan untuk memudahkan identifikasi jenis bakteri (Wardhani *et al.*, 2020).

Setelah melakukan identifikasi karakteristik morfologi bakteri, selanjutnya yaitu dilakukan pewarnaan gram. Tujuan pewarnaan gram pada bakteri yaitu untuk menentukan gram positif dan gram negatif pada suatu bakteri. Selain itu juga pewarnaan gram dilakukan untuk mengetahui bentuk sel dari koloni yang terpilih. Berikut merupakan hasil pengamatan identifikasi bakteri dan pewarnaan gram yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.2 Pengamatan Pewarnaan Gram

No	Kode Sampel	Perbesaran 40x	Perbesaran 100x	Jenis Gram	Bentuk Sel
1	Sb-2			Negatif	Kokus
2	Sb-3			Positif	Basil
3	Sb-5			Positif	Basil

No	Kode Sampel	Perbesaran 40x	Perbesaran 100x	Jenis Gram	Bentuk Sel
4	Sb-6			Positif	Basil
5	Sb-1			Positif	Kokus
6	Sc-1			Positif	Basil

No	Kode Sampel	Perbesaran 40x	Perbesaran 100x	Jenis Gram	Bentuk Sel
7	Sb-4a			Negatif	Kokus
8	Sb-4b			Positif	Basil
9	Sb-7			Negatif	Kokus

Dari hasil pengamatan pewarnaan bakteri, didapatkan bahwa dari 9 koloni yang diamati terdapat 4 koloni yang memiliki bentuk sel kokus, dan 5 koloni memiliki bentuk sel basil. Sedangkan untuk jenis gram pada setiap bakteri yaitu bakteri yang memiliki jenis gram positif sebanyak 6 koloni yakni pada bakteri Sb-3, Sb-5, Sb-6, Sb-1, Sc-1, serta Sb-4b, dan bakteri yang memiliki jenis gram negatif yaitu sebanyak 3 koloni yang terdapat pada bakteri Sb-2, Sb-4a, dan Sb-7. Bakteri yang memiliki jenis gram positif terlihat berwarna ungu, sedangkan bakteri yang memiliki jenis gram negatif terlihat berwarna merah muda. Hal ini dikarenakan kadar lipid pada dinding sel bakteri gram negatif cukup tinggi, yaitu sekitar 20%. Lipid ini dapat dilarutkan pada tahap pencucian alkohol 96%, dimana pori-pori dinding sel membesar dan melepaskan zat warna yang diserap, sehingga bakteri tidak berwarna. Sedangkan, pencucian alkohol 96% pada bakteri gram positif menghasilkan protein pada dinding sel dan terjadi denaturasi, menyebabkan pori-pori mengecil dan kompleks ungu kristal violet tetap berada di dinding sel, sehingga bakteri berwarna ungu (Radji, 2010:99).

Perbedaan bakteri gram positif dan gram negatif dapat dilihat dari permeabilitas dinding sel. Susunan dinding bakteri gram positif memiliki lapisan peptidoglikan yang tebal (sekitar 30 lapisan), dimana asam-asam ribonukleat dalam sitoplasma sel gram positif membentuk ikatan yang lebih kuat dengan kompleks ungu kristal violet, sehingga ikatan kimiawi tersebut tidak mudah dipecahkan. Sedangkan bakteri yang memiliki jenis gram negatif memiliki lapisan peptidoglikan yang sangat tipis, yaitu sekitar 1-2 lapisan (Sunatmo, 2007).

Sebelum koloni bakteri diinokulasi pada reaktor, terlebih dahulu dilakukan pengujian *Optical Density* (OD) menggunakan *spektrofotometer* dengan panjang gelombang 600 nm. Tujuan pengujian OD yaitu untuk mengetahui hubungan antara tingkat kekeruhan dengan jumlah koloni bakteri yang tumbuh. Nilai absorbansi yang tinggi menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah koloni bakteri yang tumbuh (Lizayana *at al*, 2016). Pada penelitian ini nilai OD yang diperoleh yaitu lebih dari 0,6 dan nilai absorbansi yang tertinggi yaitu pada sampel Sb-2 sebesar 1,568 yang menunjukkan bahwa pada sampel tersebut mengandung banyak bakteri. Berikut merupakan nilai OD dari koloni bakteri yang

telah diuji :

Tabel 4.3 Nilai OD

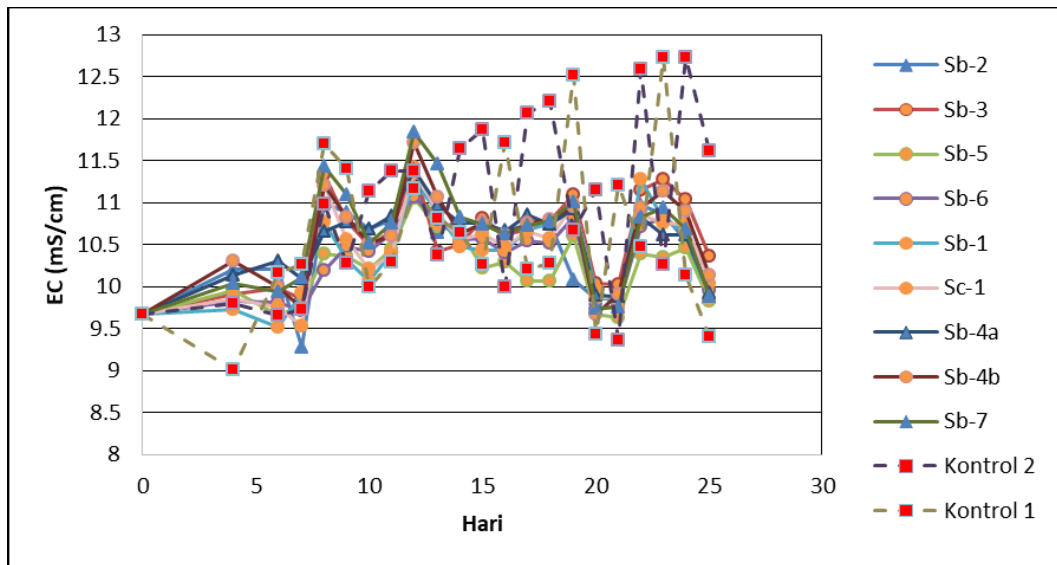
No	Kode Sampel	Nilai OD
1	Sb-2	1,568
2	Sb-3	1,363
3	Sb-5	1,202
4	Sb-6	1,420
5	Sb-1	1,160
6	Sc-1	1,223
7	Sb-4a	1,196
8	Sb-4b	0,840
9	Sb-7	0,898

4.2. Hasil Pengujian Parameter Fisika

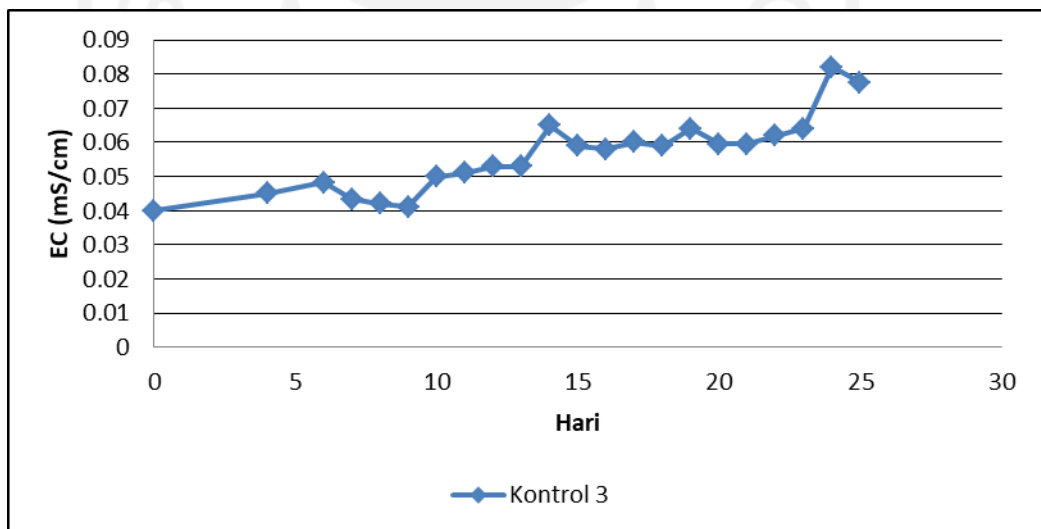
Selain pengujian biologis, pada penelitian ini juga dilakukan pengujian parameter fisika. Parameter fisika yang diuji yaitu *electric conductivity*, Suhu, dan pH.

4.2.1. *Electric Conductivity*

Untuk mengetahui suatu air limbah tercemar atau tidak dapat dilakukan dengan pengujian daya hantar listrik (DHL) atau *electric conductivity*. Peningkatan *electric conductivity* menandakan bahwa air limbah telah tercemar (Ratnasari, 2020). Untuk pengujian *electric conductivity* dilakukan dengan menggunakan alat *conductivity meter*. Pada penelitian ini, pengujian EC dilakukan selama rentang 25 hari. Berikut merupakan hasil pengukuran EC yang dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian *Electric Conductivity* (EC)



Gambar 4.2 Grafik Pengujian EC pada Kontrol Tanaman dengan Aquadest

Keterangan :

- Kontrol 1 : Kontrol limbah tenun
- Kontrol 2 : Kontrol limbah + tanaman
- Kontrol 3 : Kontrol tanaman + aquades
- Sb-2 : Bakteri gram negatif, bentuk kokus
- Sb-3 : Bakteri gram positif, bentuk basil
- Sb-5 : Bakteri gram positif, bentuk basil
- Sb-6 : Bakteri gram positif, bentuk basil

- Sb-1 : Bakteri gram positif, bentuk kokus
- Sc-1 : Bakteri gram positif, bentuk basil
- Sb-4a : Bakteri gram negatif, bentuk kokus
- Sb-4b : Bakteri gram positif, bentuk basil
- Sb-7 : Bakteri gram negatif, bentuk kokus

Dari data diatas, nilai EC yang didapatkan dari 9 reaktor yang diuji pada hari ke-0 hingga hari ke-25 yaitu terdapat pada range 9 hingga 11,41 mS/cm. Nilai *electric conductivity* tertinggi adalah pada hari ke 12, dimana 9 reaktor yang berisi bakteri dan 3 kontrol memiliki nilai EC pada rentang 11,05-11,84 mS/cm. Nilai *electric conductivity* dari hari ke-0 hingga hari ke-25 pada 9 reaktor yang berisi bakteri dan reaktor kontrol limbah, serta kontrol limbah dengan tanaman memiliki nilai EC yang cukup stabil, tidak mengalami peningkatan dan penurunan yang terlalu signifikan. Berdasarkan penelitian Paramita *et al* (2012), hasil pengujian yang cenderung konstan terjadi karena adanya proses penggunaan bahan organik oleh bakteri yang belum sempurna. Dengan demikian, hal ini menyebabkan jumlah senyawa dan garam yang dapat terionisasi tetap stabil atau tidak berkurang secara signifikan.

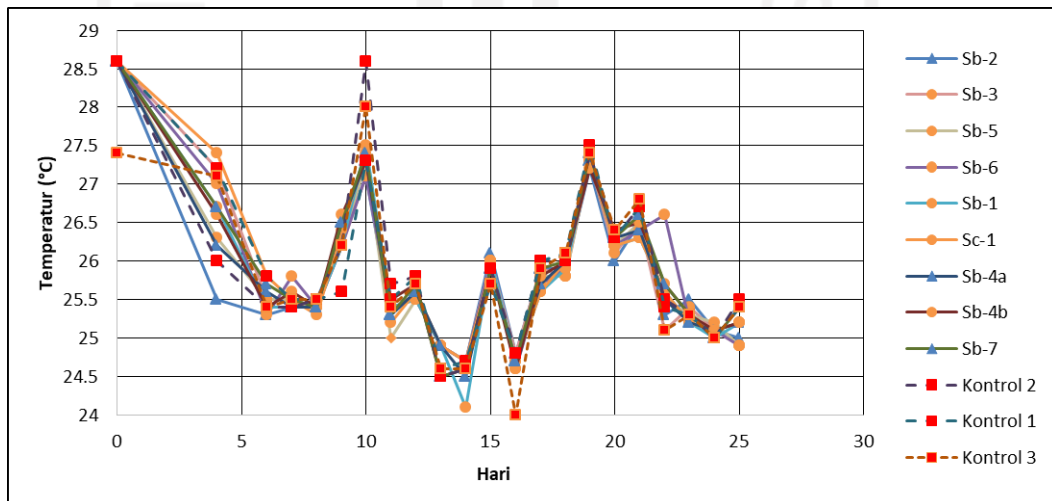
Nilai *electric conductivity* pada reaktor kontrol tanaman yang ditambahkan dengan aquades tanpa air limbah yaitu berada pada rentang 0,04 hingga 0,082 mS/cm. Reaktor kontrol tanaman+aquadest memiliki nilai EC lebih kecil dibandingkan dengan nilai EC pada reaktor yang berisi bakteri dan reaktor kontrol yang ditambah dengan air limbah dikarenakan pada aquades tidak banyak mengandung padatan terlarut. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Ratnasari (2020), padatan terlarut dapat mempengaruhi banyaknya jumlah ion pada larutan. Apabila padatan terlarut pada larutan semakin besar, maka semakin besar juga jumlah ion pada larutan, sehingga nilai *electric conductivity* akan semakin besar.

Zahar *et al.*, (2019) menyatakan bahwa air limbah yang memiliki nilai EC yang tinggi akan membuat air mudah menghantarkan listrik dan menunjukkan kandungan garam yang tinggi pada air tersebut. Semakin banyak ion, maka daya hantar listrik akan semakin tinggi. Begitu juga sebaliknya, apabila ion di dalam air

semakin rendah, maka nilai daya hantar listriknya akan semakin rendah. Pencemaran air limbah dapat menyebabkan daya hantar listrik meningkat dengan adanya penambahan ion klorida, fosfat, dan nitrat (EPA, 2012).

4.2.2. Suhu

Suhu memiliki pengaruh yang besar terhadap proses pertukaran zat (metabolisme) pada makhluk hidup. Parameter suhu merupakan parameter yang dapat mempengaruhi keseimbangan oksigen terlarut, aktivitas kimia serta biologi dalam air. Sehingga parameter suhu sangat penting untuk kehidupan mikroorganisme pada perairan. Suhu sangat berpengaruh terhadap kecepatan pertumbuhan bakteri, kecepatan sintesis enzim, dan inaktivasi enzim (Knob dan Carmona, 2008). Seiring dengan meningkatnya suhu, maka laju pertumbuhan bakteri akan meningkat secara perlahan hingga mencapai laju pertumbuhan maksimum (Suriani *et al*, 2013). Tujuan pengukuran suhu yaitu untuk mengetahui suhu dari limbah tenun pada setiap reaktor. Pengukuran parameter suhu dilakukan selama rentang 25 hari. Hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.3 Grafik Hasil Pengujian Suhu

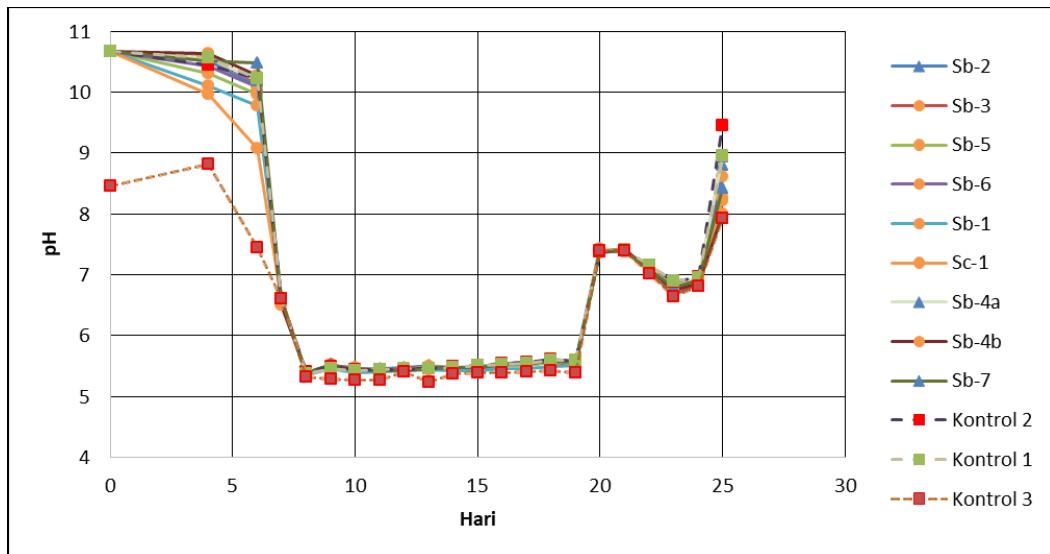
Berdasarkan grafik diatas, dari 9 sampel dan 3 kontrol hasil pengujian parameter suhu cukup stabil, yaitu berkisar antara 24°C-28.6° C.pada pengujian

hari ke-0, suhu pada reaktor Sb-2, Sb-3, Sb-5, Sb-6, Sb-1, Sc-1, Sb-4a, Sb-4b, Sb-7, serta 3 reaktor kontrol yaitu sebesar 28.6°C. pada hari ke-4 hingga hari ke-9 suhu dari 9 sampel dan 3 kontrol pada reaktor mengalami penurunan, yaitu berada pada rentang 25,3°C – 26,2°C. pada pengujian hari ke-10 dan 19, sembilan sampel dan 3 kontrol pada masing-masing reaktor mengalami kenaikan suhu, tetapi tidak terlalu signifikan yaitu berkisar antara 27,1°C-28,6°C. Sedangkan pada hari ke-11 hingga 18 dan hari ke-20 hingga 25 suhu pada masing-masing reaktor cukup stabil yaitu berada pada rentang 24°C-26,7°C. Peningkatan suhu dapat terjadi karena adanya peningkatan aktivitas mikroorganisme untuk melakukan proses degradasi bahan organik pada perairan (Ratnasari, 2020).

Naik turunnya suhu pada air dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti komposisi substrat, kekeruhan, kondisi cuaca, dan reaksi-reaksi kimia yang terjadi di dalam air. Maka dari itu, suhu pada air limbah bersifat fleksibel karena banyak faktor yang dapat mempengaruhi kondisinya (Setiari, 2012). Dalam penelitian ini, faktor yang berpengaruh signifikan terhadap perubahan suhu pada air limbah yaitu cuaca. Berdasarkan penelitian Suriani *et al* (2013), pertumbuhan bakteri berlangsung pada suhu kurang lebih 30°C. Apabila dibandingkan dengan hasil pengujian yang diperoleh, suhu pada semua reaktor berada pada rentang kurang lebih 30°C. Dengan demikian, 9 koloni bakteri pada reaktor dapat hidup dan berkembang biak dengan baik.

4.2.3. pH

Parameter pH merupakan salah satu parameter yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kinerja bakteri dalam pengolahan air limbah. Pengaruh pH terhadap pertumbuhan bakteri berhubungan dengan aktivitas enzim. Beberapa bakteri membutuhkan enzim untuk mempercepat pertumbuhan bakteri (Pambudi, 2020). Pengukuran pH dilakukan selama 25 hari. Berikut hasil pengukuran pH dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.4 Grafik Hasil Pengujian pH

Dari grafik diatas, dapat dilihat bahwa hasil analisa pH pada hari ke-0, 4, dan 6 nilai pH pada semua sampel cukup tinggi yaitu berada pada rentang 9,08-10,66. Hal ini disebabkan karena nilai pH pada air limbah yang berasal dari proses pewarnaan memiliki pH basa yaitu sekitar 9-10 (Ratnasari, 2020). Nilai pH hari ke-7 pada sembilan sampel reaktor dan termasuk tiga kontrol mengalami penurunan, yakni berada pada rentang 6,61-6,66. Pada hari ke-8 hingga 19 nilai pH mengalami penurunan kembali, hingga mencapai pH 5, hal ini terjadi dikarenakan alat yang digunakan untuk pengukuran pH belum dikalibrasi. Untuk pengukuran pH pada hari ke 20 hingga 25 menggunakan alat pH meter yang ada di Laboratorium dan menunjukkan adanya peningkatan pH yaitu berada dalam rentang 6,9-8,96. Menurut Ahmadlia (2013), peningkatan nilai pH terjadi karena bahan organik pada air limbah telah diserap oleh akar tanaman, dimana bahan organik tersebut akan diolah menjadi senyawa yang lebih sederhana (asam organik). Hal ini memudahkan mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik. Dengan demikian, proses penguraian bahan organik menjadi lebih sederhana dan dapat mengubah nilai pH mendekati netral.

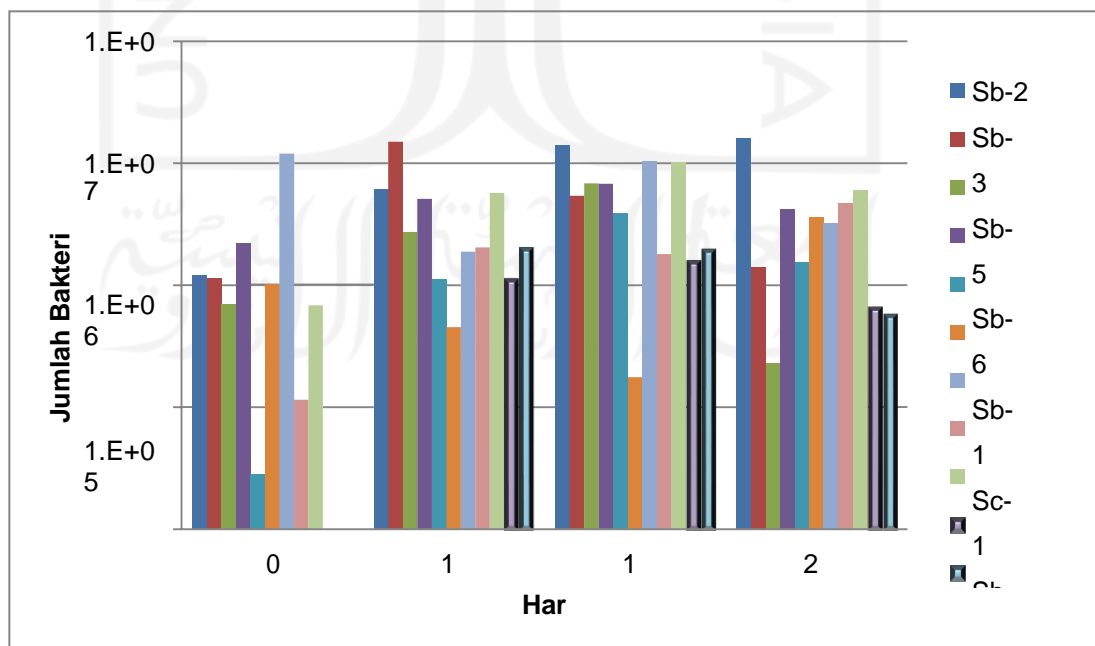
Nilai pH yang sesuai untuk aktivitas mikroba dalam proses bioflukasi dan biodegradasi senyawa organik pada limbah yaitu kisaran pH 6,5 hingga 7,5 karena nilai pH tersebut masih berada pada kisaran 6-9. Sehingga proses sporulasi,

pertumbuhan vegetatif, biodegradasi, dan bioflokulasi limbah oleh mikroba berjalan secara optimal (Komarawidjaja, 2007). Hasil pengujian pH pada penelitian ini sudah sesuai untuk aktivitas mikroba dalam proses mendegradasi senyawa organik pada limbah tenun.

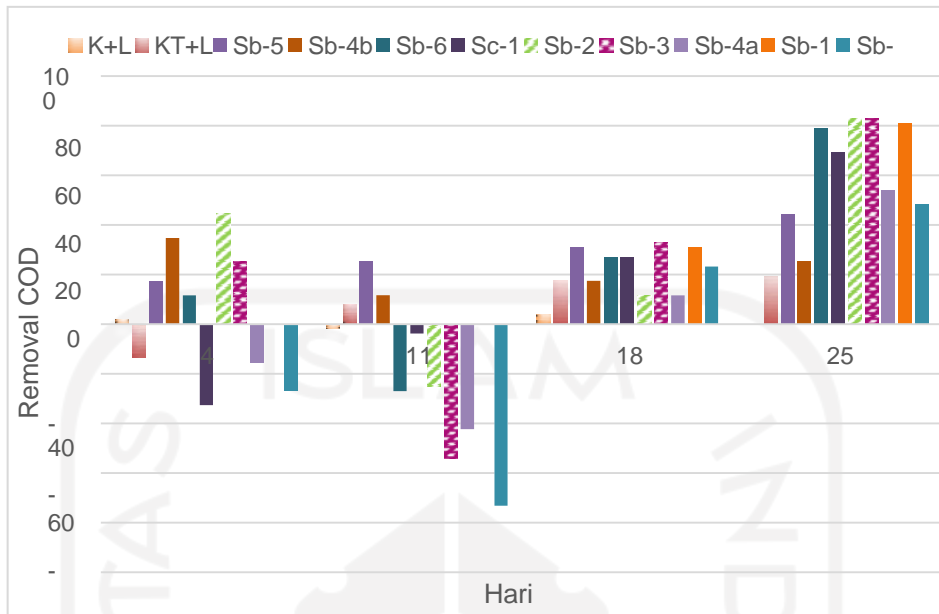
Perubahan nilai pH menunjukkan adanya aktivitas mikroorganisme dalam mendegradasi bahan organik, seperti karbohidrat yang dipecah menjadi glukosa (Iswanto et al., 2007). Kemudian diikuti dengan proses asidogenesis dan asetogenesis. Pada tahap asidogenesis dilakukan oleh mikroorganisme yang sebagian besar bersifat obligat dan anaerob fakultatif. Dimana pada tahap ini akan menghasilkan asam organik, seperti asam butirat, propionat, dan asetat, sehingga dapat menurunkan nilai pH (Chotimah, 2010).

4.3. Hasil Uji Pertumbuhan Bakteri (TPC)

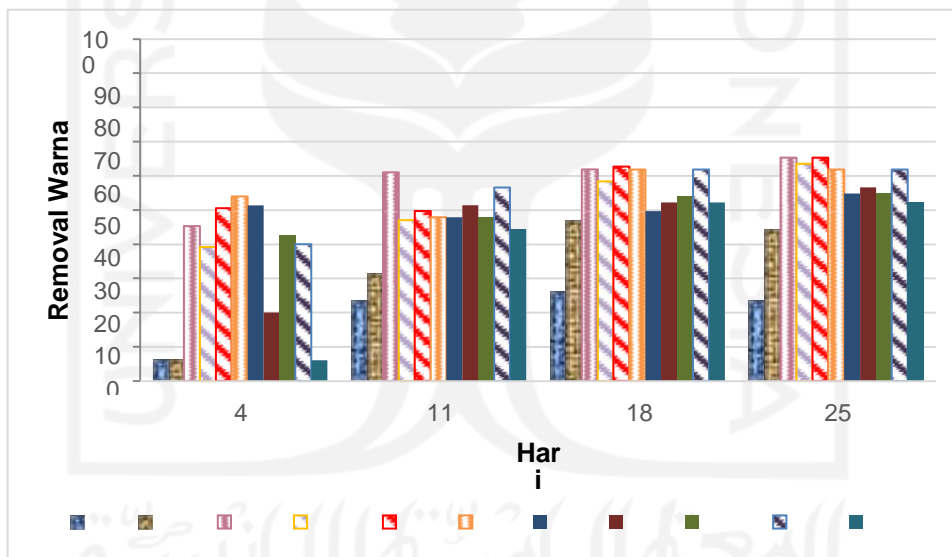
Pengujian konsentrasi koloni dilakukan untuk mengetahui berapa jumlah populasi koloni bakteri yang akan diinokulasi pada reaktor FTW dengan menghitung jumlah bakteri menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC). Waktu sampling pada pengujian TPC dilakukan pada hari ke 0, 11, 18, dan 25. Berikut merupakan hasil pengujian TPC dapat dilihat dibawah ini :



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Bakteri (TPC)



*Gambar 4.6 Grafik Efisiensi Porsen Removal COD



*Gambar 4.7 Grafik Efisiensi Porsen Removal Warna

Keterangan :

* : Data porsen removal kadar COD dan warna merupakan data yang diambil dari penelitian Khalfina Maharani dan Septiara Nur Islamy

Sb-2 : Bakteri indigen gram negatif, bentuk kokus

Sb-3 : Bakteri indigen gram positif, bentuk basil

Sb-5 : Bakteri indigen gram positif, bentuk basil

Sb-6 : Bakteri indigen gram positif, bentuk basil

Sb-1	: Bakteri indigen gram positif, bentuk kokus
Sc-1	: Bakteri indigen gram positif, bentuk basil
Sb-4a	: Bakteri indigen gram negatif, bentuk kokus
Sb-4b	: Bakteri indigen gram positif, bentuk basil
Sb-7	: Bakteri indigen gram negatif, bentuk kokus
Kontrol 2	: Kontrol limbah + tanaman
Kontrol 1	: Kontrol limbah

Berdasarkan hasil grafik diatas, menunjukkan bahwa pada hari ke-0 hingga hari ke-25 terdapat pertumbuhan bakteri pada 9 koloni. Dari 9 koloni yang diuji, didapat 4 koloni yaitu Sb-2 dengan jenis gram negatif bentuk sel kokus, Sb-6 jenis gram positif bentuk sel basil, Sb-4b jenis gram positif bentuk sel basil, dan Sb-7 jenis gram negatif bentuk sel kokus mengalami peningkatan pertumbuhan bakteri yang cukup signifikan. Dimana pada hari ke-25 keempat koloni tersebut dapat menunjukkan pertumbuhan sel sebanyak $1,59 \times 10^7$ CFU/mL, $4,20 \times 10^6$ CFU/mL, $4,69 \times 10^6$ CFU/mL, dan $5,98 \times 10^6$ CFU/mL. Bakteri Sb-2 merupakan bakteri yang pertumbuhannya paling tinggi. Dimana pada sampel Sb-2 dari hari ke-0 hingga hari ke-25 mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Pada hari ke-0 jumlah bakteri yang tumbuh yaitu $1,20 \times 10^6$ CFU/mL dan pada hari ke-25 mengalami peningkatan sebesar $1,59 \times 10^7$ CFU/mL. Sedangkan konsentrasi bakteri yang memiliki nilai terendah yaitu terdapat pada sampel bakteri Sc-1. Rata-rata jumlah bakteri yang tumbuh pada sampel bakteri Sc-1 yaitu sebanyak $1,32 \times 10^6$.

Hasil pengujian pada hari ke-11 mengalami rata-rata peningkatan sebesar 83%, sampel bakteri yang mengalami peningkatan yaitu sebanyak 7 sampel bakteri yakni Sb-2, Sb-3, Sb-5, Sb-6, Sb-1, Sb-4b, dan Sb-7. Sedangkan pada sampel bakteri Sc-1 dan Sb-4a di hari ke-11 mengalami penurunan. Pada hari ke-18 terjadi rata-rata kenaikan pertumbuhan bakteri yaitu sebesar 56%, dimana sampel bakteri yang mengalami peningkatan pada hari ke-18 yaitu Sb-2, Sb-5, Sb-6, Sb-1, Sb-4a, dan Sb-7. Menurut Noviar (2019), peningkatan pertumbuhan bakteri terjadi karena nutrisi yang terkandung masih tersedia, sehingga ketika bakteri mampu beradaptasi dengan baik pada lingkungannya, bakteri tersebut

masih dapat mengalami pertumbuhan sel. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Estuningsih (2013), tanaman merupakan salah satu alat bantu yang sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri. Pada akar rumput mengeluarkan eksudat yang mengandung beberapa senyawa organik, antara lain gula, asam amino, asam organik, asam lemak, enzim, dan golongan senyawa lain. Dimana senyawa-senyawa ini menjadi sumber nutrisi bagi bakteri, sehingga aktivitas dan pertumbuhan bakteri dapat berjalan dengan baik. Hal tersebut dapat meningkatkan jumlah populasi bakteri yang mampu mendegradasi bahan organik yang terkandung dalam air limbah. Bala *et al* (2014) menambahkan, bahwa mikroorganisme dapat mendegradasi limbah, apabila mikroorganisme tersebut dapat beradaptasi dengan baik pada lingkungannya.

Pada hari ke-25 sampel Sb-3, Sb-5, Sb-6, Sb-1, Sb-4a, dan Sb-7 mengalami penurunan bakteri, sedangkan sampel bakteri yang mengalami peningkatan terdapat pada bakteri Sb-2, Sc-1, dan Sb-4b. Dengan demikian dapat diketahui bahwa pada hari ke-25 terjadi penurunan yaitu sebesar 63%. Hasil tersebut sama seperti penelitian yang dilakukan oleh Noviar (2019). Menurutnya, penurunan pertumbuhan bakteri terjadi karena bakteri mulai memasuki fase stasioner. Dimana pada fase ini terjadi penurunan derajat pembelahan sel yang diakibatkan oleh kadar nutrisi yang berkurang sehingga mengganggu proses pertumbuhan sel. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Prasetya (2019), penurunan jumlah bakteri dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan yang kurang baik dari air limbah, yang dapat menyebabkan kematian pada bakteri. Faktor lingkungan juga sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan bakteri, seperti nilai pH, temperatur, kandungan oksigen, dan kandungan bahan organik. Bakteri yang hidup dalam air limbah merupakan bakteri yang toleran terhadap senyawa-senyawa serta zat warna yang terkandung dalam air limbah. Bakteri dapat menggunakan senyawa-senyawa dalam limbah sebagai sumber karbon untuk pertumbuhannya (Noviar, 2019).

Berdasarkan grafik persen removal pada COD, bahwa sampel Sb-2 jenis gram negatif dengan bentuk sel kokus dan Sb-6 jenis gram positif dengan bentuk sel basil pada hari ke-25 memiliki persentase efisiensi removal COD yang cukup

tinggi, yaitu sebesar 83% dan 79%. Hal ini didukung oleh jumlah pertumbuhan bakteri pada sampel Sb-2 dan Sb-6 memiliki peningkatan pertumbuhan yang tinggi yaitu sebanyak $1,59 \times 10^7$ CFU/mL dan $4,20 \times 10^6$ CFU/mL. Bakteri Sb-2 merupakan bakteri heterotrof, dikarenakan pada bakteri Sb-2 mengalami kenaikan jumlah bakteri yang signifikan dari hari ke-0 hingga hari ke-25. Dimana bakteri ini berperan sebagai organisme pengurai sisa pakan dan mampu menguraikan bahan organik pada air limbah. Sehingga, bakteri tersebut sangat efektif dalam mendegradasi COD.

Efisiensi removal parameter warna pada hari ke-25 menunjukkan bahwa sampel Sb-6 jenis gram positif dengan bentuk sel basil memiliki nilai removal yang cukup tinggi yaitu sebesar 65%. Dimana, apabila dibandingkan dengan hasil pertumbuhan bakteri, maka pada sampel Sb-6 merupakan sampel yang memiliki pertumbuhan bakteri yang cukup tinggi yaitu sebesar $4,20 \times 10^6$ CFU/mL. Dengan demikian, hubungan pertumbuhan bakteri dengan efisiensi persen removal COD dan warna yaitu semakin banyak jumlah bakteri yang tumbuh, maka persentase removal pada parameter COD dan warna akan semakin tinggi.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dari hasil isolasi dan identifikasi bakteri *indigenus*, terdapat 9 koloni bakteri yang terpilih, dari 9 koloni bakteri memiliki ciri-ciri morfologi yang berbeda-beda. 6 koloni bakteri memiliki jenis gram positif dan 3 koloni memiliki jenis gram negatif. Koloni yang memiliki bentuk sel kokus yaitu terdapat 4 koloni bakteri, dan 5 koloni lainnya memiliki bentuk sel basil.
2. Dari hasil pengujian pertumbuhan bakteri dengan menggunakan metode TPC, didapat 4 koloni yaitu Sb-2 dengan jenis gram negatif bentuk kokus, Sb-6 jenis gram positif bentuk basil, Sb-4b jenis gram positif bentuk basil, dan Sb-7 jenis gram negatif bentuk kokus mengalami peningkatan pertumbuhan bakteri yang cukup signifikan. Dimana, pada hari ke-25 keempat koloni dapat menunjukkan pertumbuhan sel sebanyak $1,59 \times 10^7$ CFU/mL, $4,20 \times 10^6$ CFU/mL, $4,69 \times 10^6$ CFU/mL, dan $5,98 \times 10^6$ CFU/mL. Hal ini didukung dengan persen removal penurunan kadar COD pada sampel Sb-2 yang cukup tinggi yaitu sebesar 83% serta sampel Sb-6 sebesar 79%, dan persen removal penurunan kadar warna yang tertinggi yaitu terdapat pada sampel bakteri Sb-6 yakni sebesar 65%.

5.2. Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat saran yang dapat diberikan, antara lain :

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dalam hal pengujian *Total Plate Count* (TPC) dengan menambahkan metode *spread plate* untuk membandingkan hasil perhitungan bakteri yang tumbuh pada cawan di masing-masing metode.
2. Perlu dilakukan penelitian selanjutnya dengan memperhatikan waktu pengujian antara kultur bakteri dengan pengujian TPC hari ke-0 dilakukan dengan jarak waktu yang tidak terlalu jauh sehingga menghasilkan pertumbuhan bakteri yang maksimum.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- ATCC. 2021. *Introduction to Microbiology*. Virginia: University Boulevard Manassas.
- Bala JD, Lalung J, Ismail N, 2014. Biodegradation Of Palm Oil Mill Effluent (POME) by Bacterial. *International Journal Of Scientific And Research Publications*, 4(3), 2250- 3153.
- Chequer. F. M. D., de Oliveira, G. A. R., Ferraz, E. R. A., Cardoso, J. C., Zaroni, M. V. B. and de Oliveira, D. P. 2013. Textile Dyes: Dyeing Process and Environmental Impact. In Gunay, M. (ed). *Eco-Friendly Textile Dyeing and Finishing, InTech*. 152-176.
- Chotimah, S.N. 2010. *Pembuatan Biogas dari Limbah Makanan dengan Variasi dan Suhu Substrat dalam Biodigester Anaerob*. Skripsi. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Departemen Mikrobiologi Klinik Fakultas Kedokteran Universitas Airlangga. 2015. *Buku Ajar Pemeriksaan Mikrobiologi pada Penyakit Infeksi*. Surabaya: Sagung Seto.
- Dwijoseputro, D. 2015. *Dasar-dasar Mikrobiologi*. Penerbit Djambatan. Jakarta.
- Elavania, Novianti. 2016. *Penurunan Zat Warna Dari Limbah Cair Industri Tenun Songket Dengan Membran Komposit Polysulfone-Polyamide (PSF-PA) Secara Ultrafiltrasi*. Skripsi. Tidak Diterbitkan. Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Estuningsih,S,P. 2013. *Potensi Tanaman Rumput Sebagai Agen Fitoremediasi Tanah*. Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung. Lampung.
- Fadhilah, Jihan. 2018. *Pengolahan Air Limbah Pencucian PT. KAI Yogyakarta*

Menggunakan Floating Treatment Wetland Kombinasi dengan Tanaman Kolonjono (Brachiaria Mutica) dan Bakteri. Skripsi. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

- Fatmariza, M., Inayati, I., dan Rohmi. 2017. Tingkat Kepadatan Media Nutrient Agar Terhadap Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus Aureus. *Jurnal Analis Medika Bio Sains*, 4(2), 69-73.
- Fidiastuti, H.R., Lathifah, A.S., Amin, Mohammad., dan Utomo, Yudhi. 2020. Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Indigen Pengurai Lemak Pada Limbah Cair Batik Tulungagung. *Bioeksperimen*, 6(1), 29-35.
- Fidiastuti, H.R., dan Suarsini, Endang. 2017. Potensi Bakteri Indigen Dalam Mendegradasi Limbah Cair Pabrik Kulit Secara In Vitro. *Bioeksperimen*, 3(1).
- Gunawan, Yuli. 2006. *Peluang Penerapan Produksi Bersih Pada Sistem Pengolahan Air Limbah Domestik Wastewater Treatment Plant.* Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Gowri, A.K., Karunakaran, M.J., Muthunarayanan, Vasanthi., Ravindran, Balasubramani., Nguyen-Tri, M., Ngo, H.H., Bui, Xuan-Thanh., Nguyen, X.H., Nguyen D.D., Chang, S.W., dan Chandran, Thamaraiselvi. 2020. Evaluation of bioremediation competence of *indigenous* bacterial strains isolated from fabric dyeing effluent. *Bioresource Technology Reports*. 11.
- Headly, T.R., dan Tanner C.C. 2012. Constructed Wetlands With Floating Emergent Macrophytes : An Innovative Stormwater Treatment Technology. *Environmental Science and Technology*, 42, 2261-310.
- Hussain, Farhana., Karim, M.R., Hossain, Fahmida., dan Hasan, Faisal. 2018. Isolation, identification and characterization of dye degrading bacteria from dyeing industry effluent and degradation process optimization

- against Novacron Red SB. *Asian J Agri & 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. *Sci. Total Environ.* 645, 966-973.
- Irianto, K. 2012. *Mikrobiologi Mengukak Dunia Mikroorganisme Jilid 1*. Bandung: Yurma Widya.
- Iswanto, B., Astono, W., & Sunaryati. 2007. Pengaruh Penguraian Sampah Terhadap Kualitas Air Ditinjau dari Perubahan Senyawa Organik Dan Nitrogen Dalam Reaktor Kontinyu Skala Laboratorium. 4(1).
- Jannah, Iis Ni'matul., dan Muhimmatin, Ifa. 2019. Pengelolaan Limbah Cair Industri Batik Menggunakan Mikroorganisme di Kecamatan Cluring Kabupaten Banyuwangi. *Warta Pengabdian*, 13(3), 106-115.
- Kabra, A., Khandare, R., Govindwar, S. 2013. Development of a bioreactor for remediation of textile effluent and dye mixture: a plant-bacterial synergistic strategy. *Water Res*, 47, 1035-1048.
- Khan, M.U., Sessitsch, A., Harris, M., Fatima, K., Imran, A., Arslan, M., Shabir, G., Khan, Q., Afzal, M. 2014. Cr-resistant rhizo-and endophytic bacteria associated with *Prosopis juliflora* and their potential as phytoremediation enhancing agents in metal-degraded soils. *Front. Plant Sci.* 5, 755.
- Knob, A & Carmona, E.C. 2008. Xylanase production by *Penicillium sclerotiorum* and its characterization. *World Applied Sciences Journal*, 4(2): 277-283.
- Komarawidjaja, Wage. 2007. Peran Mikroba Aerob Dalam Pengolahan Limbah Cair Tekstil. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 8(3), 223-228.
- Lay dan Jutono. 2016. Dalam Buku Panduan Praktikum Mikrobiologi. Fakultas

Farmasi Universitas Sanata Dharma.

- Lizayana, Mudatsir dan Iswadi. 2016. Densitas Bakteri Pada Limbah Cair Pasar Tradisional. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pendidikan Biologi*.
- Martiningsih., dan Rahmi, Syifa Ur. 2019. Efektifitas Bakteri Indigenous Limbah Cair Batik Untuk Dekolorisasi Sisa Pencelupan Tekstil Dengan Zat Warna Remazol Blue. *Jurnal Teknologika*, 9(2).
- Mane, U.V., Gurav, P.N., Deshmukh, A.M., Govindwar, S.P. 2009. Degradation of textile dye reactive navy-blue Rx (Reactive blue-59) by an isolated actinomycete *Streptomyces krauskii* SUK-5. *Malaysian Journal of Microbiology*, 4(2), 1-5.
- Munawar, Estuningsih, S.P., Yudono, S.M., dan Salni. 2008. Studi penggunaan bakteri indigen petrofilik dalam proses bioremediasi hidrokarbon minyak bumi di wilayah Sumatera bagian selatan. *Jurnal Kimia Lingkungan*, 16(2), 3- 10.
- Noviar, Irma. 2019. *Isolasi dan Potensi Bakteri Pendekolorisasi Limbah Perebusan Batik*. Tesis. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Pambudi, Irfan Noor. 2020. *Perubahan Parameter Fisika pada Proses Biodegradasi Limbah Tenun Oleh Bakteri Endofit*. Skripsi. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Paramita, P., Shovitri, M. dan N. D. Kuswyasari. 2012. Biodegradasi Limbah Organik Pasar dengan Menggunakan Mikroorganisme Alami Tangki Septik. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 1(1), 23.
- Prasetya, Yoga Kharisma. 2019. *Unjuk Kerja Reaktor Continuous Wetland Menggunakan Tanaman *Vetiveria Zizanioides* dan Bakteri Terhadap Konsentrasi Total Plate Count (TPC) Dari Limbah Minyak Industri X Yogyakarta*. Skripsi. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

- Priadie, Bambang. 2012. Teknik Bioremediasi Sebagai Alternatif Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 10(1), 38-48.
- Pusparinda, Laella., dan Santoso, R. Irawan Bagyo. 2016. Studi Literatur Perencanaan Floating Treatment Wetland di Indonesia. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2).
- Radji, M. 2010. *Buku Ajar Mikrobiologi Panduan Mahasiswa Farmasi dan Kedokteran*. Jakarta: Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Rahayu, Dwi Ermawati., dan Aulia, Sheila. 2015. Penurunan Warna dan TSS Limbah Cair Tenun Sarung Samarinda Menggunakan Kitosan Dari Limbah Cangkang Kepiting. *Jurnal Purifikasi*, 15(1).
- Ratnasari, Shonia Dwi. 2020. *Perubahan Parameter Fisika pada Proses Biodegradasi Limbah Tenun Oleh Bakteri Indigenous*. Skripsi. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Sa'adah, Nurun Nailis. 2020. *Pengolahan Limbah Cair Tenun Dengan Sistem Floating Treatment Water (FTW) Menggunakan Kombinasi Tanaman Vetiver dan Bakteri Endofit*. Skripsi. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Santi, Diyah, A.P.N. 2017. *Jumlah Koloni Bakteri Pada Air Sumur Yang Dekat Dengan Pembuangan Limbah Pabrik Tahu*. Karya Tulis Ilmiah. Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Insan Cendekia Media. Jombang.
- Setiari, N.M., Mahendra M.S., Suyasa W.B. 2012. Identifikasi Sumber Pencemar dan Analisis Kualitas Air Tukad Sungai di Kabupaten Tabanan dengan Metode Indeks Pencemaran. *Jurnal Ecotrophic*, Vol. 7(1), 40-46.
- Shehzadi, M., Fatima, K., Imran, A., Mirza, M.S., Khan, Q.M., dan 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*.

Sirage Ali, A., Piet Lens, P.N., Hans Van Bruggen, J.J.A., 2017. Purifying municipal wastewater using floating treatment wetlands: free floating and emergent macrophytes. *Adv. Recycling Waste Manag.* 2(138).

Sumarsono, T. 2011. *Biodegradasi Campuran Benzen, Toluen, dan Xilen (Btx) dalam Adsorben Clay oleh Konsorsium Mikroba dengan Penambahan Biosurfaktan Pseudomonas Putida T1(8)*. Thesis. Departemen Biologi FSAINTEK Universitas Airlangga. Surabaya.

Sunatmo, T. I. 2007. *Eksperimen Mikrobiologi dalam Laboratorium*. Ardy Agency. Bogor.

Suriani, S., Soemarno, dan Suharjono. 2013. Pengaruh Suhu dan pH terhadap Laju pertumbuhan Lima Isolat Bakteri Anggota Genus Pseudomonas yang diisolasi dari Ekosistem Sungai Tercemar Deterjen di sekitar Kampus Universitas Brawijaya. *Jurnal Pembangunan dan Alam Lestari*, 3(2), 58-62.

Syamsudin, Purwati S, Taufiek A. 2008. Efektivitas Aplikasi Enzim dalam Sistem Lumpur Aktif pada Pengolahan Air Limbah Pulp dan Kertas. *Berita Selulosa*. 43(2), 83-92.

Tara, N., Arslan, M., Hussain, Z., Iqbal, M., Khan, Q. M., Afzal, M. 2019. Onsite Performance Of Floating Treatment Wetland Macrocosms Augmented With Dye-Degrading Bacteria For The Remediation Of Textile Industry Wastewater. *Journal of Cleaner Production*, 217, 541-548.

Utami, Lucky Indrati., Wahyusi, Kindriari Nurma., Utari, Yulanda Kartika., dan Wafiyah, Kholilah. 2019. Pengolahan Limbah Cair Rumput Laut Secara Biologi Aerob Proses Batch. *Jurnal Teknik Kimia*, 13(2), 39-43.

Vishnoi, Neha., Dixit, Sonal., dan Gupta, Yamini. 2020. Biodegradation of textile

dye effluent through Indigenous bacteria. *G-Journal of Environmental Science and Technology*, 7(5), 60-65.

Wardhani, A. K., Uktolseja, Jacob L.A., dan Djohan. 2020. *Identifikasi Morfologi dan Pertumbuhan Bakteri Pada Cairan Terfermentasi Silase Pakan Ikan*. Universitas Kristen Wacana. Salatiga.

Zahar, W., Said, Y.M., Achnopa, Y., & Wibowo, Y.G. 2019. Karakteristik Fisika dan Kimia Air Gambut Kabupaten Tanjung Jabung Barat, Provinsi Jambi. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*. 11(2), 132-142.

Zahoor, A., dan Rehman, A. 2009. Isolation of Cr(VI) Reducing Bacteria From Industrial Effluents and Their Potential Use in Bioremediation of Chromium Containing Wastewater. *Journal of Environmental Sciences*, 21(6), 814-820.

Zhang, Dong-Qing., Jinadasa. K. B. S. N., Gersberg. R. M., Liu. Y., Tan. S. K., Jern. W. 2015. Application of constructed wetlands for wastewater treatment in tropical and subtropical regions (2000-2013). *Journal of Environmental Sciences*. Elsevier. China. 30-46 pp.




“Halaman ini sengaja dikosongkan”




LAMPIRAN



Lampiran 1 Hasil Pengujian OD Bakteri *indigenus*


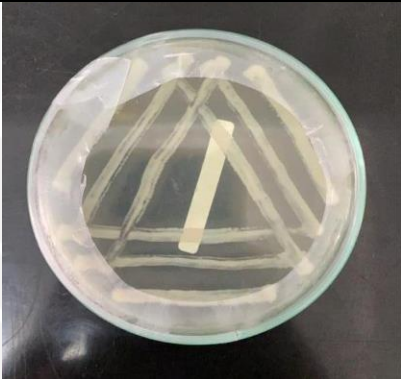
No	Kode Sampel	Nilai OD
1	Sb-2	1,568
2	Sb-3	1,363
3	Sb-5	1,202
4	Sb-6	1,420
5	Sb-1	1,160
6	Sc-1	1,223
7	Sb-4a	1,196
8	Sb-4b	0,840
9	Sb-7	0,898

Lampiran 2 Hasil *Streak* Koloni Bakteri Kuadran 4

No	Kode Sampel	Streak Kuadran 4
1	Sb-2	

No	Kode Sampel	Streak Kuadran 4	
2	Sb-3		
3	Sb-5		
4	Sb-6		

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

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

Lampiran 3 Hasil Pengujian Parameter Bakteri (TPC)

Alat bahan yang digunakan pada penelitian pengujian parameter TPC yaitu sebagai berikut :

A. Alat dan Bahan

a) Alat

- 1) Cawan Petri steril
- 2) Mikropipet 1000 mikron
- 3) Bunsen
- 4) Inkubator
- 5) Test tube 15 mL
- 6) *Colony counter*

b) Bahan

- 1) Bakteri *indigenus*

2) *Nutrient Agar* (NA)

3) NaCl steril

Adapun hasil dari pengujian parameter bakteri dengan metode *total plate count* yaitu sebagai berikut :

Kode Sampel	Jumlah Bakteri (CFU/mL)			
	0	11	18	25
Sb-2	1.20×10^6	6.18×10^6	1.41×10^7	1.59×10^7
Sb-3	1.13×10^6	1.50×10^7	5.40×10^6	1.41×10^6
Sb-5	6.95×10^5	2.73×10^6	6.84×10^6	2.28×10^5
Sb-6	2.22×10^6	5.10×10^6	6.80×10^6	4.20×10^6
Sb-1	2.84×10^4	1.12×10^6	3.89×10^6	1.55×10^6
Sc-1	1.01×10^6	4.54×10^5	1.77×10^5	3.62×10^6
Sb-4a	1.20×10^7	1.88×10^6	1.03×10^7	3.22×10^6
Sb-4b	1.15×10^5	2.05×10^6	1.79×10^6	4.69×10^6
Sb-7	6.82×10^5	5.70×10^6	1.02×10^7	5.98×10^6
K2		1.15×10^6	1.61×10^6	6.77×10^5
K1		2.03×10^6	1.96×10^6	5.85×10^5

Lampiran 4 Hasil Pengujian Parameter Fisika

1. Electric Conductivity

Hari	EC (uS)											
	Sb-2	Sb-3	Sb-5	Sb-6	Sb-1	Sc-1	Sb-4a	Sb-4b	Sb-7	Kontrol 2	Kontrol 1	Kontrol 3
0	9.67	9.67	9.67	9.67	9.67	9.67	9.67	9.67	9.67	9.67	9.67	40
4	10.21	9.91	9.95	9.82	9.73	9.86	10.14	10.3	10.04	9.79	9.01	45
6	10.2	9.98	9.66	9.81	9.51	9.76	10.3	10	9.94	9.66	10.17	48.3
7	9.27	9.85	9.78	9.71	9.93	9.53	10.09	9.74	10.1	9.72	10.26	43.4
8	10.99	11.33	10.39	10.19	10.77	11.21	10.66	11.2	11.43	10.98	11.7	42
9	10.88	10.79	10.36	10.47	10.32	10.56	10.77	10.82	11.09	10.28	11.4	41.1
10	10.68	10.49	10.2	10.42	10.06	10.21	10.68	10.51	10.52	11.13	10	50
11	10.8	10.66	10.44	10.64	10.4	10.38	10.84	10.6	10.75	11.38	10.29	51
12	11.21	11.42	11.05	11.06	11.25	11.41	11.39	11.71	11.84	11.37	11.16	53
13	10.64	10.41	10.71	10.8	10.9	10.87	10.97	11.06	11.46	10.37	10.81	53
14	10.81	10.5	10.67	10.56	10.48	10.56	10.76	10.63	10.83	11.64	10.64	65
15	10.74	10.81	10.22	10.57	10.43	10.63	10.75	10.76	10.74	11.87	10.26	59
16	10.67	10.61	10.29	10.4	10.43	10.48	10.65	10.61	10.63	10	11.71	58
17	10.72	10.68	10.07	10.55	10.67	10.66	10.86	10.75	10.73	12.06	10.21	60
18	10.76	10.78	10.06	10.51	10.76	10.57	10.74	10.8	10.79	12.2	10.27	59
19	10.08	11.1	10.6	10.83	10.97	10.98	10.93	10.95	11.01	10.67	12.52	64
20	9.86	10.04	9.67	9.73	9.96	9.85	9.89	9.67	9.74	11.15	9.43	59.6
21	9.86	10.02	9.63	9.77	9.74	9.89	9.88	9.91	9.76	9.36	11.21	59.6
22	10.97	11.15	10.39	10.71	11.28	10.86	10.83	10.94	10.83	12.59	10.47	62
23	10.87	11.27	10.35	10.82	10.8	10.76	10.61	11.13	10.94	10.26	12.73	64
24	10.55	11.04	10.46	10.63	10.64	10.74	10.62	10.89	10.69	12.73	10.14	82

25	9.87	10.36	9.82	9.95	9.86	10.03	9.93	10.13	9.88	11.62	9.4	77.6
----	------	-------	------	------	------	-------	------	-------	------	-------	-----	------

2. Suhu

Hari	Suhu Air Limbah											
	Sb-2	Sb-3	Sb-5	Sb-6	Sb-1	Sc-1	Sb-4a	Sb-4b	Sb-7	Kontrol 2	Kontrol 1	Kontrol 3
0	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6	28.6	27.4
4	25.5	27.2	26.3	27	26.7	27.4	26.2	26.6	26.7	26	27.2	27.1
6	25.3	25.5	25.5	25.3	25.4	25.8	25.6	25.4	25.7	25.4	25.8	25.4
7	25.4	25.5	25.5	25.8	25.4	25.5	25.4	25.6	25.5	25.4	25.5	25.5
8	25.5	25.4	25.4	25.4	25.4	25.3	25.4	25.4	25.4	25.5	25.5	25.5
9	26.3	26.2	26.2	26.2	26.2	26.4	26.5	26.6	26.5	26.2	25.6	26.2
10	27.1	27.1	27.3	27.1	27.5	27.4	27.3	27.3	27.4	28.6	27.3	28
11	25.3	25.5	25	25.4	25.4	25.2	25.3	25.5	25.3	25.7	25.5	25.4
12	25.6	25.5	25.5	25.5	25.5	25.6	25.6	25.7	25.7	25.8	25.8	25.7
13	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	24.5	24.5	24.5	24.6	24.6
14	24.7	24.7	24.7	24.7	24.1	24.7	24.5	24.6	24.6	24.6	24.7	24.6
15	26.1	26	26	26	26	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.7	25.7
16	24.8	24.8	24.7	24.6	24.7	24.7	24.7	24.6	24.7	24.8	24.8	24
17	25.9	25.9	25.8	25.7	25.6	25.6	25.7	25.8	25.9	26	26	25.9
18	25.9	25.8	25.8	25.9	25.9	26	26	26	26	26	26.1	26.1
19	27.2	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.3	27.2	27.4	27.4	27.5	27.4
20	26	26.1	26.2	26.2	26.2	26.2	26.3	26.4	26.3	26.3	26.3	26.4
21	26.5	26.5	26.5	26.4	26.3	26.3	26.4	26.5	26.6	26.7	26.7	26.8
22	25.3	25.1	25.5	26.6	25.6	25.6	25.5	25.7	25.7	25.5	25.4	25.1
23	25.5	25.4	25.3	25.2	25.2	25.2	25.2	25.3	25.3	25.3	25.3	25.3

24	25.1	25.1	25.2	25.1	25	25.1	25.1	25.1	25	25	25	25
25	25	24.9	24.9	24.9	25.2	25.2	25.2	25.2	25.4	25.5	25.4	25.4

3. pH

Hari	pH												
	Sb-2	Sb-3	Sb-5	Sb-6	Sb-1	Sc-1	Sb-4a	Sb-4b	Sb-7	Kontrol 2	Kontrol 1	Kontrol 3	
0	10.66	10.66	10.66	10.66	10.66	10.66	10.66	10.66	10.66	10.66	10.66	10.66	8.45
4	10.51	10.58	10.31	10.43	10.11	9.96	10.57	10.64	10.52	10.44	10.56	8.81	
6	10.11	10.16	9.97	10.09	9.78	9.08	10.18	10.28	10.48	10.23	10.23	7.44	
7	6.6	6.6	6.6	6.6	6.61	6.6	6.6	6.5	6.6	6.609	6.603	6.609	
8	5.39	5.37	5.37	5.37	5.35	5.38	5.4	5.39	5.39	5.4	5.37	5.32	
9	5.51	5.5	5.48	5.49	5.46	5.49	5.51	5.52	5.52	5.49	5.45	5.28	
10	5.46	5.42	5.43	5.43	5.38	5.42	5.42	5.42	5.43	5.44	5.42	5.27	
11	5.45	5.43	5.42	5.43	5.4	5.42	5.44	5.43	5.43	5.44	5.44	5.26	
12	5.47	5.45	5.45	5.45	5.42	5.44	5.43	5.44	5.43	5.44	5.45	5.4	
13	5.5	5.49	5.47	5.49	5.44	5.49	5.47	5.48	5.46	5.46	5.46	5.23	
14	5.47	5.46	5.44	5.46	5.42	5.48	5.48	5.47	5.47	5.49	5.48	5.37	
15	5.49	5.46	5.47	5.47	5.42	5.47	5.49	5.48	5.48	5.51	5.51	5.39	
16	5.54	5.51	5.51	5.52	5.45	5.52	5.53	5.52	5.52	5.54	5.53	5.38	
17	5.56	5.52	5.51	5.54	5.46	5.54	5.56	5.54	5.54	5.56	5.55	5.4	
18	5.59	5.56	5.56	5.57	5.49	5.57	5.58	5.57	5.57	5.61	5.59	5.43	
19	5.59	5.53	5.56	5.56	5.51	5.55	5.56	5.57	5.56	5.58	5.6	5.38	
20	7.42	7.41	7.4	7.38	7.38	7.42	7.41	7.36	7.37	7.38	7.39	7.39	
21	7.4	7.41	7.37	7.38	7.37	7.37	7.39	7.41	7.39	7.4	7.41	7.4	
22	7.12	7.05	7.08	7.09	7.08	7.07	7.12	7.08	7.09	7.15	7.16	7.02	

23	6.84	6.68	6.78	6.8	6.78	6.75	6.84	6.74	6.8	6.88	6.9	6.64
24	6.92	6.85	6.9	6.91	6.92	6.89	6.94	6.87	6.91	6.97	6.94	6.81
25	8.8	7.99	8.22	8.61	8.92	8.27	8.94	7.99	8.43	9.45	8.96	7.92



Lampiran 5 Dokumentasi Penelitian

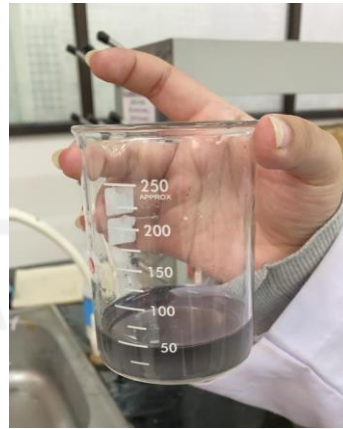
A. Ekstraksi Bakteri dari Tanah



B. Persiapan Media Agar



C. Filter Limbah Tenun



D. Isolasi dan Identifikasi Bakteri



E. Kultur Bakteri



F. Persiapan Reaktor FTW



G. Aklimatisasi Tanaman Vetiver



H. Running Reaktor FTW



I. Pengujian *Total Plate Count*



الجامعة الإسلامية
الاستدائات

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Majalengka, pada tanggal 22 Mei 1999. Penulis merupakan putri kedua dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak H. Mail dan Ibu Hj. Ibah Sohibah. Penulis menempuh pendidikan formal di TK Al-muawanah (2004), SD Negeri 01 Tegalurung (2005-2011), SMP Negeri 01 Balongan (2011-2014), dan SMA Negeri 01 Indramayu (2014-2017). Pada tahun 2017 penulis diterima di Universitas Islam Indonesia melalui jalur Seleksi Berbasis Rapor di Program Studi Teknik Lingkungan. Pada bulan Februari hingga Maret 2020 penulis melakukan Kerja Praktik di PT Pertamina (Persero) Integrated Terminal Balongan, dengan topik Pengolahan Limbah Cair Pada PT Pertamina (Persero) Integrated Terminal Balongan. Sedangkan untuk menyelesaikan masa studi Pendidikan Strata 1 (S1) di Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, penulis melakukan penelitian dengan judul “Identifikasi Pengaruh Bakteri Indigen Terhadap Performa Wetland Untuk Pengolahan Limbah Tenun”.