

TA/TL/2022/1419

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

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



FAZHLIN NABILAH SAUFANI
17513066

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



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

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

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




FAZHLIN NABILAH SAUFANI
17513066

Disetujui,
Dosen Pembimbing:


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

NIK. 165131306
Tanggal: 27 Desember 2021


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

NIK. 155130505
Tanggal: 11 Januari 2022

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



Eko Sisworo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D
NIK. 025100406

Tanggal: 10 Februari 2022



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

HALAMAN PENGESAHAN

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

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari : Selasa
Tanggal : 11 Januari 2022

Disusun Oleh:

FAZHLIN NABILAH SAUFANI
17513066

Tim Penguji :

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

()

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

()

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

()



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية

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,



Fazhlin Nabilah Saufani

NIM: 17513066



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

PRAKATA

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala rahmat dan karunia-Nya penulis diberi kemampuan untuk menyelesaikan tugas akhir Identifikasi Pengaruh Bakteri Terhadap Performa Wetland Untuk Pengolahan Limbah Tenun. Penyusunan tugas akhir ini dibuat untuk memenuhi persyaratan memperoleh derajat sarjana (S1) program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan, semangat, dorongan serta bantuan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan penulis untuk menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah *subhanahu wa ta'ala* yang senantiasa memberikan kesehatan, kekuatan serta kelancaran sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Ketua program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Bapak Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D
3. Dosen pembimbing I dan II tugas akhir , Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. dan Ibu Annisa Nur Lathifah, S.Si., M.Biotech., Ph.D. yang telah memberikan bimbingan serta arahan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Orangtua serta keluarga yang selalu memberikan dukungan moril serta selalu mendoakan penulis.
5. Laboran di Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia yang telah membantu selama pengerjaan tugas akhir di laboratorium.
6. Teman-teman di Program studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
7. Pihak-pihak terkait yang tidak bisa disebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi menyempurnakan tugas akhir ini. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembacanya.

Yogyakarta, 15 Oktober 2021

Fazhlin Nabilah Saufani



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRAK

FAZHLIN NABILAH SAUFANI. Identifikasi Pengaruh Bakteri Endofit 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.

Limah tenun yang dibuang ke aliran air atau tanah dapat menimbulkan pencemaran yang berdampak bagi lingkungan. Untuk itu diperlukan pengolahan yang tepat dan juga murah untuk mengolah limbah tenun yang dihasilkan. Penggunaan Floating Treatment Wetland (FTW) dengan mengkombinasikan tanaman dan bakteri dapat meningkatkan efisiensi pengolahan limbah. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh pertumbuhan bakteri endofit dalam meningkatkan performa wetland untuk mengolah limbah tenun. Bakteri dari akar tanaman *Vetiveria zizanioides* diisolasi, identifikasi morfologi dan diperbanyak, kemudian bakteri ditambahkan kedalam air limbah di FTW. Reaktor FTW dioperasikan selama 25 hari dan dilakukan pengukuran parameter fisika yaitu pH, *electric conductivity* (EC) dan suhu air. Pemantauan pertumbuhan bakteri dilakukan pada hari ke-0, 11, 18, 25. Hasil isolasi bakteri diperoleh sebanyak 10 isolat bakteri teridentifikasi sebagai gram positif (70%) dan gram negatif (30%) serta sel yang teridentifikasi adalah *basil* (60%) dan *coccus* (40%). Bakteri yang menunjukkan aktivitas pertumbuhan tertinggi terdapat pada reaktor Rb1, sedangkan bakteri yang menunjukkan aktivitas pertumbuhan yang rendah pada reaktor Ra5. Bakteri yang berpotensi terhadap peningkatan removal parameter warna adalah bakteri Ra8, Ra5, Ra2, Ra7 dan Rb2 dengan removal tertinggi pada bakteri Ra8 (65%), sedangkan untuk parameter COD adalah bakteri Rb2, Ra4 dan Ra2 dengan tertinggi pada Ra2 (91%).

Kata kunci: Bakteri endofit, *Floating Treatment Wetland*, Pertumbuhan bakteri, *Vetiveria zizanioides*

ABSTRACT

FAZHLIN NABILAH SAUFANI. *Identification the influences of endophytic bacteria on wetland performance for weaving wastewater treatment. Supervised by Dr. JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng. and ANNISA NUR LATHIFAH, S.Si., M.Biotech., Ph.D.*

*Weaving effluent that is discharged into the stream or soil can cause pollution to the environment. For that, effective and low-cost treatment is needed to treat wastewater. The use of floating wetland treatment (FTW) by combining plants and bacteria can improve the efficiency of sewage treatment. The study aims to identify the influences of endophyte bacterial growth in improving wetland performance to treat weaving effluent. Endophytic bacteria isolated from *Vetiveria zizanioides* roots, identified the morphology and cultured the bacteria, and inoculated to wastewater in FTW. The reactor was operated for 25 days, and physical parameters were measured such as pH, electric conductivity (EC), and wastewater temperature. Monitoring of bacterial growth on day 0, 11, 18 and 25. 10 strains of bacteria obtained from root isolation were identified as gram-positive (70%) and gram-negative (30%) and the cell forms identified were basil (60%) and coccus (40%). Bacteria that showed the highest growth activity in the Rb1 reactor, while the bacteria that showed low growth activity in the Ra5 reactor. Bacteria that show potential to increase color degradation are Ra8, Ra5, Ra2, Ra7, and Rb2, with the highest removal in Ra8 (65%), while potential bacteria for COD degradation are Rb2, Ra4 and Ra2, with the highest removal in Ra2 (91%).*

Keywords: Bacterial growth, Endophyte bacteria, Floating Treatment Wetland, *Vetiveria zizanioides*



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iii
ABSTRAK.....	v
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Ruang Lingkup.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Limbah Tenun.....	4
2.2. Bakteri Endofit.....	4
2.3. Tanaman <i>Vetiveria zizanioides</i>	4
2.4. <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW).....	5
2.5. Electrical Conductivity (EC).....	6
2.6. pH.....	6
2.8. Penelitian Terdahulu.....	6
BAB III METODE PENELITIAN.....	10
3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian.....	10
3.2. Isolasi Bakteri.....	11
3.3. Identifikasi Bakteri.....	12
3.3.1. Karakterisasi Bakteri.....	12
3.3.2. Pewarnaan Gram.....	12
3.4. Kultur Bakteri.....	13
3.5. Reaktor Wetland.....	14
3.5.1. Persiapan Reaktor Wetland.....	14

3.5.2.	Aklimatisasi Tanaman.....	15
3.5.3.	<i>Running</i> Reaktor.....	16
3.6.	Pengujian dan Analisis Data.....	17
3.6.1.	Pengujian Populasi Bakteri.....	17
3.6.2.	Analisis Perhitungan Populasi Bakteri.....	18
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		20
4.1.	Hasil Identifikasi Bakteri.....	20
4.2.	Hasil Pengujian Parameter Fisika.....	29
4.2.1.	<i>Electrical Conductivity</i> (EC).....	29
4.2.2.	pH.....	30
4.2.3.	Suhu Air.....	31
4.3.	Hasil Uji Pertumbuhan Bakteri.....	32
4.4.	Pertumbuhan Bakteri di <i>Floating Treatment Wetland</i>	35
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....		38
5.1	Simpulan.....	38
5.2	Saran.....	38
DAFTAR PUSTAKA.....		40
LAMPIRAN.....		45
RIWAYAT HIDUP.....		51



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	6
Tabel 3. 1 Komposisi Reaktor FTW.....	16
Tabel 4. 1 Hasil Pengamatan Morfologi Bakteri.....	21
Tabel 4. 2 Hasil Pengamatan Pewarnaan Gram dan Bentuk Sel.....	26





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian.....	10
Gambar 3. 2 Proses Sterilisasi Akar <i>Vetiveria zizanioides</i>	11
Gambar 3. 3 Proses Homogenisasi Akar.....	12
Gambar 3. 4 Proses Pewarnaan Gram.....	13
Gambar 3. 5 Proses Kultur Bakteri.....	14
Gambar 3. 6 Persiapan Reaktor FTW.....	15
Gambar 3. 7 Desain Reaktor <i>Floating Treatment Wetland</i> (FTW).....	15
Gambar 3. 8 Aklimatisasi Tanaman Hari Pertama.....	16
Gambar 3. 9 Aklimatisasi Tanaman Hari Terakhir.....	16
Gambar 3. 10 Proses Pengujian Populasi Bakteri.....	18
Gambar 4. 1 Grafik <i>Electrical Conductivity</i> (EC).....	29
Gambar 4. 2 Grafik Pengukuran pH.....	30
Gambar 4. 3 Grafik Suhu Air.....	31
Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Bakteri.....	34
Gambar 4. 5 Removal Parameter Warna.....	35
Gambar 4. 6 Removal Parameter COD.....	35





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai Hasil Uji OD.....	45
Lampiran 2 Hasil Perhitungan Bakteri.....	45
Lampiran 3 Hasil Pengukuran pH.....	46
Lampiran 4 Hasil Pengukuran EC.....	47
Lampiran 5 Hasil Pengukuran Suhu Air Limbah.....	48



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keberadaan industri tekstil di Indonesia tidak hanya dalam kategori skala besar dan menengah, tetapi juga dalam skala kecil seperti skala rumah tangga. Dengan demikian, pencemaran yang ditimbulkan oleh industri tersebut tidak hanya pada kawasan industri skala besar tetapi juga pada industri-industri skala kecil (Melani *et al.*, 2017). Air limbah yang dihasilkan selama produksi kain dianggap sebagai salah satu limbah industri yang paling tercemar karena adanya banyak senyawa kimia termasuk pewarna, deterjen, pigmen, garam, logam berat, sulfat, klorida, minyak, dan lemak, dll (Hussain *et al.*, 2018). Akibatnya air limbah menjadi sangat kompleks sehubungan dengan pencemaran baik organik maupun anorganik (Imtiazuddin *et al.*, 2012). Pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah tekstil berdampak signifikan terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat, ketika limbah cair tekstil dibuang ke lingkungan, logam berat seperti Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Zn dalam garam ionik langsung diserap oleh biota laut dan air tawar atau terserap hingga masuk dalam air tanah. Pada kedua kasus tersebut, air tanah yang tercemar dan makanan laut yang dikonsumsi secara luas oleh manusia dapat menyebabkan penyakit seperti kanker, tumor, penyakit otak, penyakit kejiwaan, penyakit seksual dll (Imtiazuddin *et al.*, 2012)

Dengan demikian dapat disimpulkan betapa pentingnya untuk mengolah limbah cair tenun. Pengolahan limbah cair tekstil dalam hal ini limbah tenun, salah satunya dapat dilakukan dengan menggunakan pengolahan biologis dengan memanfaatkan tanaman dan mikroorganisme yang dapat menguraikan senyawa-senyawa berbahaya dalam air limbah. Pengolahan limbah secara biologis dapat dilakukan dengan mengkombinasikan *Floating Treatment Wetland* (FTW) dengan bakteri endofit. Bakteri endofit belakangan ini telah banyak diteliti, dalam penelitian (Brader *et al.*, 2014) bakteri endofit diasumsikan dapat melindungi tanaman lebih efisien daripada mikroorganisme rhizosfer dan epifit. Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa bakteri endofit terdapat pada kolonisasi rhizosfer tanah, terdeteksi di dalam endospor, di batang, daun, serta di dalam organ reproduksi tanaman dari tanaman inang yang berbeda (Brader *et al.*, 2014). Mereka dapat membentuk kepadatan populasi di batang dan daun antara 10^3 – 10^4 CFU/g berat segar dalam kondisi alami (Afzal *et al.*, 2019). Populasi dan keanekaragaman bakteri endofit biasanya bergantung pada keberadaan konsentrasi polutan di tanah dan air.

Bakteri endofit yang diinokulasi ke tanaman yang tumbuh secara hidroponik dalam air yang terkontaminasi berpotensi mendegradasi senyawa organik dengan meningkatkan degradasi kontaminan. Bakteri endofit yang memiliki aktivitas pengurai polutan dan pemacu pertumbuhan tanaman lebih unggul dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan aktivitas fitoremediasi dibandingkan dengan bakteri endofit yang hanya memiliki salah satu dari aktivitas ini (Afzal *et al.*, 2014). Dalam penelitian Shehzadi *et al.* (2016) 41 bakteri endofit diperoleh yang diisolasi dari akar dan pucuk tanaman wetland yaitu *Typha domingensis*, *Pistia stratiotes* dan *Eichhornia crassipes*. Gene bakteri yang dominan dari tanaman *Typha domingensis* adalah *Bacillus* (39%), *Microbacterium* (12%), dan *Halomonas* (12%). Tanaman *Typha domingensis*

menunjukkan pertumbuhan yang baik pada limbah tekstil dan juga menjadi inang bakteri endofit dalam jumlah maksimum yang berada di akar dan pucuk tanaman.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, limbah tenun dapat menurunkan kualitas lingkungan, menyebabkan pencemaran dan dapat berdampak negatif bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu limbah tenun perlu dilakukan pengolahan agar tidak semakin mencemari lingkungan, dalam penelitian ini pengolahan limbah tenun dilakukan dengan menggunakan sistem *Floating Treatment Wetland* (FTW) yang ditambahkan bakteri endofit. Bakteri endofit tersebut diisolasi dari akar tanaman *Vetiveria zizanioides* dengan mengidentifikasi dan menganalisis bagaimana keragaman bakteri endofit dan pertumbuhan populasi bakteri yang diinokulasikan dalam reaktor FTW.

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Mengisolasi dan mengidentifikasi bakteri endofit dari akar tanaman *Vetiveria zizanioides* untuk pengolahan limbah cair tenun.
2. Identifikasi pengaruh pertumbuhan bakteri endofit dalam meningkatkan performa *wetland* untuk pengolahan limbah cair tenun.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan didapatkan dari penelitian :

1. Bagi institusi pendidikan.
Diharapkan menjadi sumber informasi tentang pertumbuhan populasi bakteri endofit dari akar tanaman *Vetiveria zizanioides* untuk pengolahan limbah tenun bagi penelitian selanjutnya.
2. Bagi pelaku usaha tenun
Menjadi sumber informasi pengolahan limbah tenun dengan menggunakan bakteri endofit dari akar tanaman *Vetiveria zizanioides* sehingga dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk alternatif pengolahan limbah tenun.

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini terbatas pada :

1. Isolasi bakteri endofit dari akar tanaman *Vetiveria zizanioides*.
2. Aklimatisasi bakteri dan tanaman *Vetiveria* pada reaktor.
3. Limbah yang akan dilakukan pengolahan adalah limbah cair tenun.
4. Pengolahan limbah menggunakan reaktor FTW (*Floating Treatment Wetland*).

5. Parameter yang diuji adalah aktivitas pertumbuhan bakteri dan parameter fisika yang diuji yaitu pH, suhu, *humidity* (kelembaban udara), DO (*Dissolve Oxygen*) dan EC (*Electrical Conductivity*).



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Limbah Tenun

Limbah cair yang dihasilkan selama produksi kain mengandung zat warna, deterjen, pigmen, garam logam berat, sulfat, klorida, serta minyak dan lemak (Hussain *et al.*, 2018). Pewarna adalah senyawa utama limbah tekstil, pewarna dianggap sebagai salah satu pencemar terburuk di lingkungan (Wei *et al.*, 2020).

Pencemaran zat warna dalam air menyebabkan kelangkaan cahaya yang sangat penting untuk perkembangan organisme di dalam air (Holkar *et al.*, 2016) yang mana akan mengurangi aktivitas fotosintesis dan juga mengurangi konsentrasi oksigen terlarut dalam air (Hussain *et al.*, 2018). Zat warna dapat menyerap cahaya dengan panjang gelombang 350-700 nm dan terdeteksi bahkan dalam konsentrasi 1 mg/L (Sarayu & Sandhya, 2012). Karakteristik dari limbah tenun dalam Sa'adah, (2020) relatif mempunyai pH yang tinggi (>9), berwarna tua atau gelap dan dengan kadar COD yang cukup tinggi.

2.2. Bakteri Endofit

Sifat potensial bakteri endofit telah dipelajari untuk berbagai tujuan salah satunya adalah untuk menghasilkan senyawa bioaktif sebagai zat pelindung tanaman yang biasanya terdapat dalam system jaringan seperti daun, batang atau akar tanaman (Fitriani *et al.*, 2012). Banyak bakteri endofit telah diisolasi dari berbagai tanaman yang berbeda dan banyak di antaranya menunjukkan penurunan polutan serta aktivitas pemacu pertumbuhan tanaman (Afzal *et al.*, 2014).

Bakteri endofit sangat menjanjikan untuk digunakan dalam metode fitoremediasi karena mempunyai aktivitas degradasi polutan dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Afzal *et al.*, 2014). Populasi bakteri endofit dapat berkisar antara 10^7 - 10^9 CFU/g dari tanah rhizosfer dan populasi bakteri di rhizoplane berkisar dari 10^5 - 10^7 CFU/g berat segar (Afzal *et al.*, 2019). Populasi mikroba pada permukaan akar dan di dalam jaringan tanaman dapat meningkatkan removal polutan dari air limbah (Ijaz *et al.*, 2015). Selain meningkatkan aktivitas degradasi limbah, bakteri endofit juga menunjukkan aktivitas yang meningkatkan pertumbuhan tanaman seperti dengan memproduksi IAA (Indole Acetic Acid), solubilisasi fosfor, deaminase ACC dan produksi siderophore (Shehzadi *et al.*, 2016).

2.3. Tanaman *Vetiveria zizanioides*

Vetiveria zizanioides yang merupakan tanaman dari famili *Gramineae* (rumput-rumputan) ini masih satu famili dengan serai wangi (*citronella*) dan serai dapur (*lemon grass*). *Vetiveria zizanioides* memiliki berbagai nama, seperti khusus, panni, valo di India, faeg di Laos dan Thailand, dan kusu-kusu, rumput wangi di Malaysia. Sementara di Indonesia sendiri, *Vetiveria zizanioides* lebih

dikenal dengan nama akar wangi, usar, ataupun larasetu. *Vetiveria zizanioides* adalah tumbuhan spesial yang telah berevolusi sehingga mampu tumbuh walau pada daerah yang beriklim ekstrim sekalipun, tumbuhan ini sangat toleran pada logam berat, tanah dengan pH yang asam dan basa, dan juga pada tanah yang kekurangan unsur hara (Ambarwati & Bahri, 2018; Tambunan *et al.*, 2018).

Vetiveria zizanioides merupakan salah satu tumbuhan yang dapat dimanfaatkan dalam teknologi fitoremediasi karena memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menyerap polutan. Kemampuan vetiver dalam menyerap nutrisi, khususnya nitrogen (N) dan fosfat (P) telah teruji dengan baik. *Vetiveria zizanioides* memiliki toleransi yang tinggi terhadap pencemar logam berat, seperti Arsen, Kadmium, Tembaga, Krom, Nikel, Selenium dan Seng, serta toleransi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan yang kurang baik, seperti kadar keasaman tanah, alkalinitas serta salinitas tinggi dan toksisitas Aluminium serta Mangan (Komarawidjaja & Garno, 2016).

2.4. Floating Treatment Wetland (FTW)

Banyak teknik pengolahan psiko-kimia yang efektif untuk mengolah limbah tekstil akan tetapi mempunyai biaya operasional yang tinggi, salah satu metode pengolahan yang ramah lingkungan dan efektif untuk mengolah limbah adalah *Floating Treatment Wetland (FTW)*. *Floating Treatment Wetland (FTW)* merupakan teknologi baru yang telah terbukti dapat diterapkan pada beberapa fungsi, termasuk pengolahan air limbah, bioremediasi dan pengolahan air hujan. Konstruksi dan pengoperasiannya yang relatif sederhana serta area yang diperlukan lebih kecil. Dalam sistem pengolahan ini, makrofit akuatik ditanam secara artifisial di atas rakit apung yang memungkinkan tanaman tumbuh secara hidroponik di badan air. Akar tanaman menggantung di zona pelagic melakukan penyerapan secara mekanik dan biologis, penyerapan secara biologis adalah hasil dari degradasi bakteri dan serapan tanaman (Colares *et al.*, 2020; Tara *et al.*, 2019).

Fungsi utama dari tumbuhan dalam FTW adalah penyerapan langsung polutan oleh akar, akar memproduksi enzim ekstraseluler, menyediakan area permukaan untuk biofilm, akar mensekresikan eksudat yang membantu dalam proses denitrifikasi, partikel tersuspensi terperangkap di akar, juga meningkatkan flokulasi padatan tersuspensi (Shahid *et al.*, 2020; Wei *et al.*, 2020).

Kombinasi makrofit yang berbeda dalam sistem yang sama perlu diteliti lebih lanjut, karena tanaman memainkan peran penting dalam menghilangkan polutan, terutama melalui proses yang terkait dengan sistem perakaran dan sebagian besar selama pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, penting untuk mengeksplorasi secara lebih rinci hubungan antara kondisi air pengolahan (DO, pH, toksisitas) dan perkembangan tanaman untuk setiap spesies tanaman guna memaksimalkan kinerja pengolahan dan pembentukan biomassa. Meningkatkan jumlah spesies tanaman dalam suatu sistem akan meningkatkan keanekaragaman mikroorganisme di dalam akar, yang dapat juga meningkatkan efisiensi perawatan (Colares *et al.*, 2020).

2.5. Electrical Conductivity (EC)

Electrical conductivity (EC) menunjukkan kemampuan air untuk menghantarkan arus listrik. Parameter EC dapat digunakan sebagai petunjuk adanya kadar mineral dan salinitas dalam air, besarnya EC juga ditentukan oleh kandungan zat padat terlarut (Mudatsir, 2007).

Besarnya EC ditentukan oleh kadar ion dan suhu air limbah. Semakin tinggi jumlah padatan terlarut di dalam air maka kemungkinan jumlah ion dalam air juga akan semakin tinggi, sedangkan peningkatan suhu air akan menurunkan kepadatan dari gas seperti oksigen, karbon dioksida, nitrogen, dan metana di dalam larutan (Irwan & Afdal, 2016).

2.6. pH

Pengukuran nilai pH dilakukan untuk memantau kondisi pH air limbah dan juga untuk memastikan apakah pH masih didalam *range* pertumbuhan bakteri serta untuk memantau aktivitas bakteri. pH merupakan parameter penting yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman memproduksi daun, dan bahkan berpengaruh pula pada kualitas kehijauan daun (Rofifah & Titah, 2018).

2.7. Penelitian Terdahulu

Berikut merupakan penelitian terdahulu yang dilakukan untuk pengolahan limbah dengan kombinasi tanaman dan bakteri.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Hasil Penelitian
1	Enhanced degradation of textile effluent in constructed wetland system using <i>Typha domingensis</i> and textile effluent-degrading endophytic bacteria	M. Shehzadi, M. Afzal, M. U. Khan, E. Islam, A. Mobin, S. Anwar & Q. M. Khan	2014	Inokulasi bakteri dalam reaktor <i>Constructed wetland</i> menunjukkan peningkatan pertumbuhan tanaman, degradasi limbah tekstil dan mengurangi mutagenisitas dan berhubungan dengan populasi bakteri di rhizosfer dan endosfer tanaman <i>T. domingensis</i> Penurunan yang signifikan pada COD (79%), BOD (77%), TDS (59%) dan TSS (27%) ditemukan pada penggunaan kombinasi tanaman dan bakteri dalam 72 jam.

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Hasil Penelitian
2	Ecology of bacterial endophytes associated with wetland plants growing in textile effluent for pollutant-degradation and plant growth-promotion potentials	M. Shehzadi, K. Fatima, A. Imran, M. S. Mirza, Q. M. Khan & M. Afzal	2015	Sebanyak 41 bakteri endofit diisolasi dari akar dan batang tanaman wetland yaitu <i>Typha domingensis</i> , <i>Pistia stratiotes</i> dan <i>Eichhornia crassipes</i> . Asosiasi bakteri endofit dan jumlah bakteri maksimum berasosiasi dengan tanaman <i>Typha domingensis</i> . Tanaman <i>Typha domingensis</i> menunjukkan pertumbuhan yang baik di limbah tekstil dan menjadi inang jumlah bakteri endofit terbanyak yang berada di akar dan batang tanaman.
3	On-site performance of floating treatment wetland macrocosms augmented with dye-degrading bacteria for the remediation of textile industry wastewater	N. Tara, M. Arslan, Z. Hussain, M. Iqbal, Q. M. Khan & M. Afzal	2019	Sistem FTW dioperasikan secara <i>batch</i> selama 2 tahun. Removal polutan organik dan anorganik tinggi diamati dalam bak yang terdapat tanaman, sedangkan kombinasi tanaman dan bakteri lebih meningkatkan kinerja removal COD menjadi 92%, BOD menjadi 91%, warna menjadi 86% dan logam 87%.
4	Unjuk Kerja Reaktor Continous Wetland Menggunakan Tanaman <i>Vetiveria zizanioides</i> dan Bakteri Terhadap Konsentrasi Total Plate Count (TPC) dari Limbah Minyak Industri X Yogyakarta	Y. K. Prasetya	2019	Kombinasi tanaman <i>Vetiveria zizanioides</i> dan bakteri pada <i>Continous treatment wetland</i> mampu menurunkan kadar pencemar dalam limbah. Kondisi tanaman <i>Vetiveria zizanioides</i> menunjukkan pertumbuhan panjang daun di setiap minggu meskipun kondisi daun mengalami perubahan warna menjadi cokelat dan kering.
5	Pengolahan limbah cair tenun dengan sistem <i>Floating treatment wetland</i> menggunakan kombinasi tanaman <i>Vetiver</i> dan bakteri endofit	N. N. Sa'adah	2020	Kombinasi FTW dengan tanaman <i>Vetiveria zizanioides</i> dan konsorsium bakteri berpotensi untuk mengolah limbah cair tenun. Bak <i>floating treatment wetland</i> dengan inokulasi bakteri menunjukkan peningkatan efisiensi yang baik dalam degradasi limbah. Reduksi COD (65%), TSS (78%) dan warna (94%).

No	Judul Penelitian	Penulis	Tahun	Hasil Penelitian
6	Perubahan parameter fisika pada proses biodegradasi limbah tenun oleh bakteri endofit	I. N. Pambudi	2020	Penambahan bakteri endofit pada limbah cair tenun tidak memberikan perubahan yang banyak pada parameter suhu, daya hantar listrik, dan TDS, namun pada parameter pH mengalami penurunan walau tidak signifikan





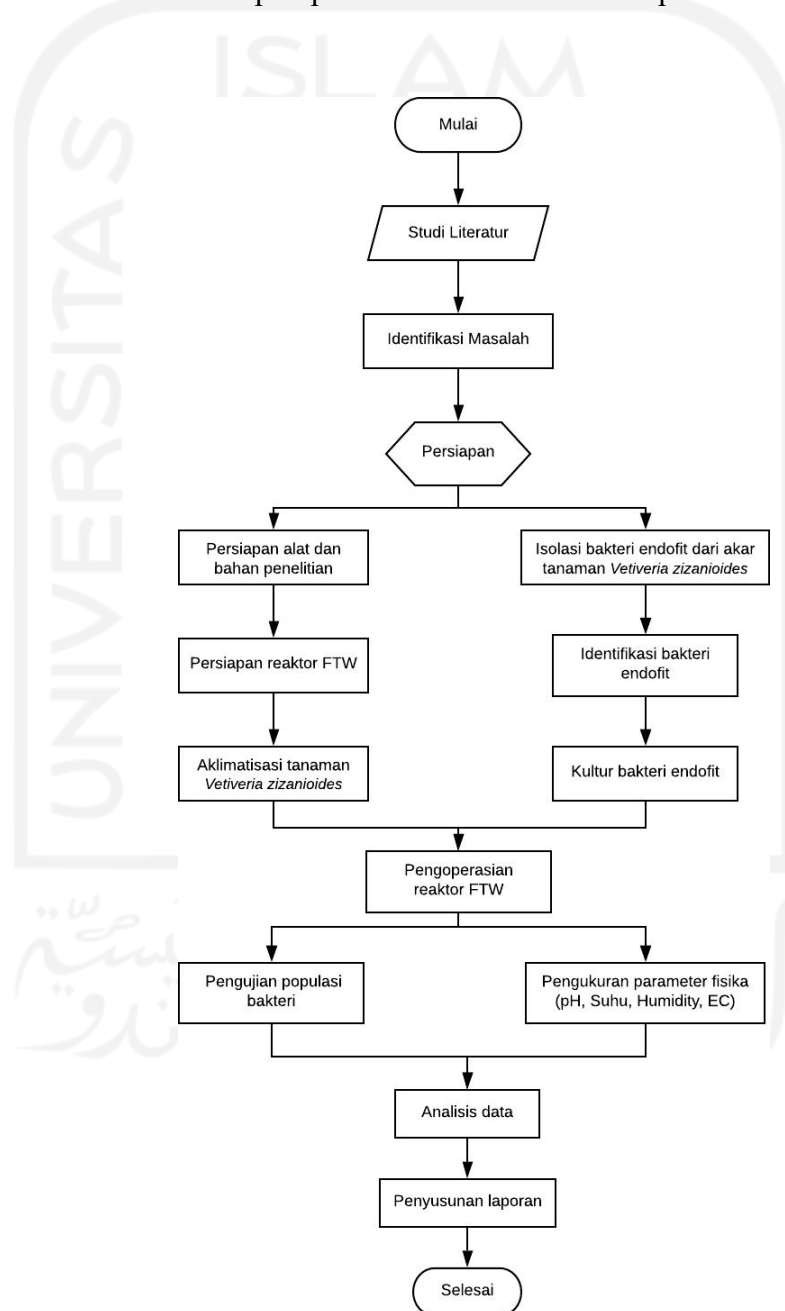
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Lokasi Penelitian

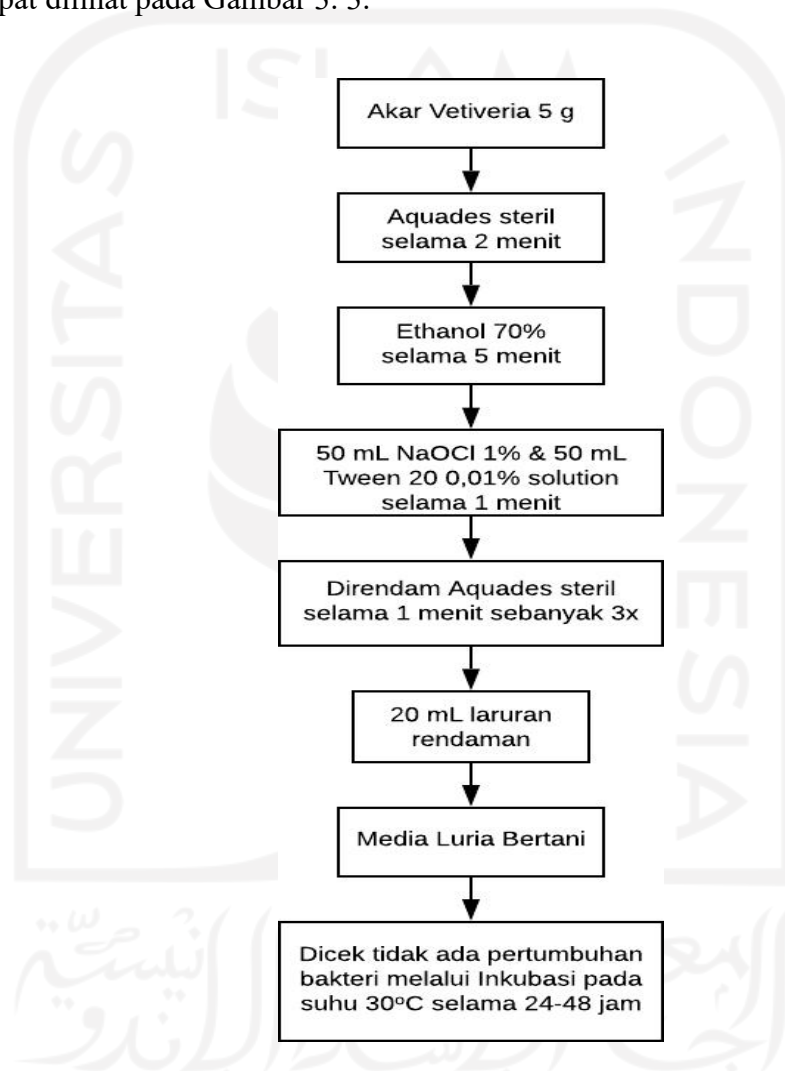
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Lingkungan Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia. Penelitian dimulai pada bulan Maret 2021 sampai bulan September 2021. Alur tahapan penelitian secara umum dapat dilihat pada gambar 3.1.



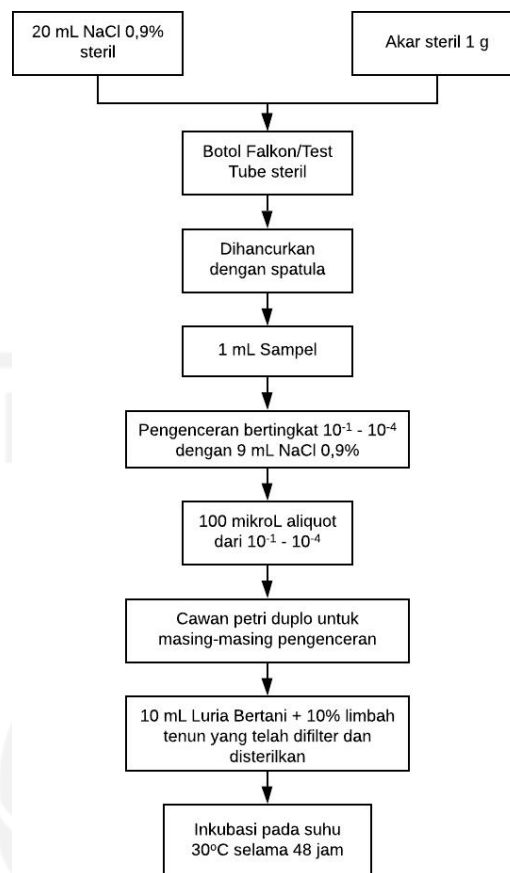
Gambar 3. 1 Diagram Alir Tahapan Penelitian

3.2. Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri endofit dilakukan berdasarkan penelitian dari Shehzadi *et al.*, (2016), tahapan isolasi bakteri dimulai dengan proses sterilisasi akar kemudian dilanjutkan dengan proses homogenisasi akar yang sudah disterilkan. Tahapan sterilisasi akar dapat dilihat pada Gambar 3. 2. Setelah proses sterilisasi selesai dilakukan dan dipastikan akar sudah steril yang ditunjukkan dengan tidak adanya pertumbuhan bakteri pada hasil isolasi air cucian akar. Akar steril tersebut kemudian dilanjutkan dengan proses homogenisasi akar. Proses homogenisasi akar dapat dilihat pada Gambar 3. 3.



Gambar 3. 2 Proses Strerilisasi Akar *Vetiveria zizanioides*



Gambar 3. 3 Proses Homogenisasi Akar

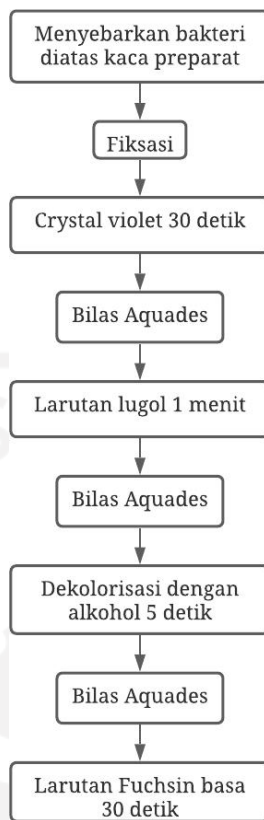
3.3. Identifikasi Bakteri

3.3.1. Karakterisasi Bakteri

Setelah proses isolasi bakteri dilakukan, selanjutnya adalah mengidentifikasi bakteri dengan pengamatan secara makroskopis. Pengamatan makroskopis dilakukan untuk melihat morfologi koloni yang meliputi bentuk koloni bakteri, elevasi, tepi, ukuran, tekstur dan warna atau pigmentasi berdasarkan pedoman mikrobiologi dari (ATCC, 2021).

3.3.2. Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram dimulai dengan menyebarkan bakteri dengan jarum ose di atas kaca preparat kemudian difiksasi di atas nyala api, lalu ditetaskan dengan larutan kristal violet, larutan lugol, kemudian didekolorasi dengan larutan etanol, setelah itu ditetaskan larutan fuchsin basa. Selanjutnya diamati dengan menggunakan mikroskop cahaya (*Compound microscope*) (Nurhidayati *et al.*, 2015). Setelah pewarnaan gram bakteri gram positif akan berwarna ungu dan bakteri gram negatif akan berwarna merah muda. Perbedaan warna dalam pewarnaan gram muncul dikarenakan adanya perbedaan struktur dinding sel pada gram positif dan gram negatif (Madigan *et al.*, 2012).



Gambar 3. 4 Proses Pewarnaan Gram

3.4. Kultur Bakteri

Kultur bakteri dilakukan untuk memperbanyak jumlah bakteri. Koloni bakteri yang terpilih diperbanyak untuk kemudian diinokulasikan pada reaktor *Floating Treatment Wetland*. Proses kultur bakteri dilakukan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Shehzadi *et al.*, (2016) (Gambar 3. 5.) bakteri ditumbuhkan dalam media *Lactose Broth* dengan suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$ pada *shaker* dengan kecepatan 100 rpm selama 24 jam. Setelah media keruh, kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 7000 g selama 10 menit, selanjutnya di resuspensi dengan NaCl 0,9% steril dan OD (*optical density*) dicek pada panjang gelombang 600 nm dengan nilai OD $>0,6$.

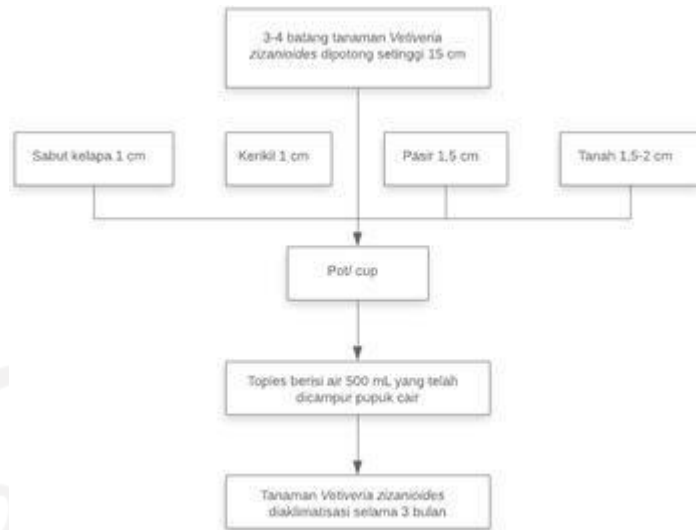


Gambar 3. 5 Proses Kultur Bakteri

3.5. Reaktor Wetland

3.5.1. Persiapan Reaktor Wetland

Sistem pengolahan yang digunakan yaitu menggunakan sistem *floating treatment wetland* (FTW) dengan menggunakan tanaman *Vetiveria zizanioides* yang ditambahkan dengan bakteri. Reaktor FTW menggunakan toples kaca dengan ukuran yang dapat menampung air limbah 500 mL. Dalam satu toples kaca terdiri dari 1 pot yang berisi 3-4 batang tanaman *Vetiveria zizanioides*. Media yang digunakan dalam pot adalah pasir, tanah, sabut kelapa, dan kerikil. Proses persiapan reaktor terdapat pada gambar 3.6. Desain reaktor FTW dapat dilihat pada Gambar 3. 7.



Gambar 3. 6 Persiapan Reaktor FTW



Gambar 3. 7 Desain Reaktor *Floating Treatment Wetland* (FTW)

3.5.2. Aklimatisasi Tanaman

Tanaman *Vetiveria zizanioides* diaklimatisasi selama 3 bulan di dalam rumah kaca untuk mengadaptasikan tanaman pada media dan lingkungan baru serta untuk memaksimalkan pertumbuhan akar sebelum diaplikasikan pada air limbah. Proses aklimatisasi tanaman *Vetiveria zizanioides* dilakukan tanpa melihat usia tanaman yang ditanam. Tinggi tanaman *Vetiveria* dipotong dengan tinggi yang sama yaitu setinggi 15 cm dan akar tanaman juga dipotong seragam. Pertumbuhan tanaman diamati setiap 14 hari dengan mengukur tinggi tanaman dan melihat pertumbuhan akar, dan juga dilakukan penggantian air yang ditambahkan dengan pupuk sebagai nutrisi tanaman dengan rasio 14 Liter air dan pupuk 3 tutup botol. Proses aklimatisasi telah selesai dilakukan ditandai dengan pertumbuhan panjang akar dan tinggi batang tanaman.



Gambar 3. 8 Aklimatisasi Tanaman Hari Pertama



Gambar 3. 9 Aklimatisasi Tanaman Hari Terakhir

3.5.3. *Running* Reaktor

Tanaman yang telah selesai diaklimatisasi siap untuk diinokulasikan dengan bakteri. Kultur bakteri yang diinokulasikan sebanyak 25 mL pada masing-masing reaktor yang berisi 500 mL limbah cair tenun dengan konsentrasi awal warna 19133 Pt-Co. Reaktor akan dioperasikan selama 25 hari dengan waktu sampling pada hari ke-0, 11, 18 dan 25. Reaktor yang dioperasikan sebanyak 10 reaktor dan terdapat tiga reaktor kontrol, keterangan komposisi reaktor terdapat pada Tabel 3. 1.

Tabel 3. 1 Komposisi Reaktor FTW

Kode Reaktor	Komposisi Reaktor
Kontrol-1	Limbah cair tenun
Kontrol-2	Limbah cair tenun + tanaman vetiveria
Kontrol-3	Aquades + tanaman Vetiveria
Ra1	Limbah cair tenun + tanaman vetiveria + kultur bakteri Ra1
Ra2	Limbah cair tenun + tanaman vetiveria + kultur bakteri Ra2

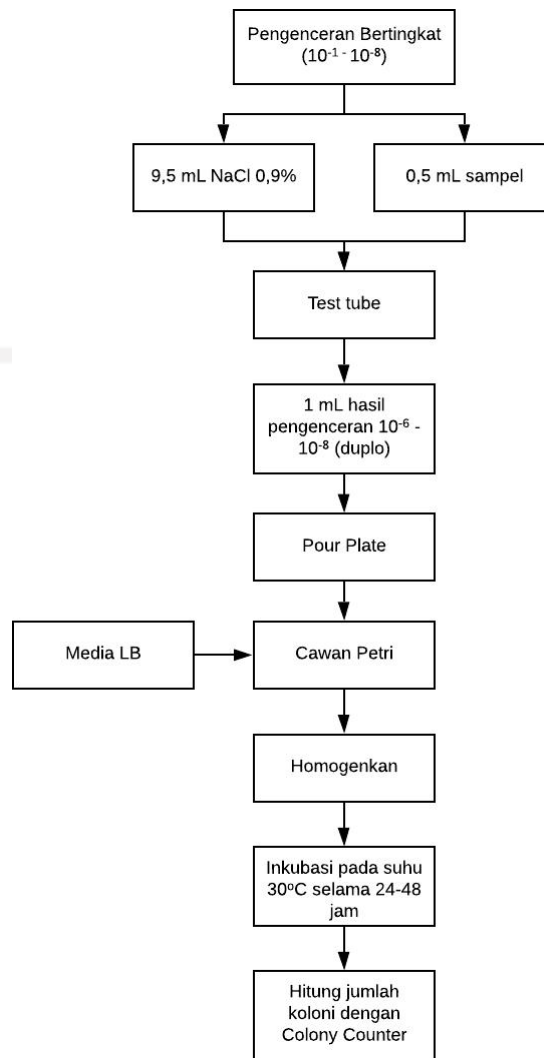
Kode Reaktor	Komposisi Reaktor
Ra3	Limbah cair tenun + tanaman vetiveria + kultur bakteri Ra3
Ra4	Limbah cair tenun + tanaman vetiveria + kultur bakteri Ra4
Ra5	Limbah cair tenun + tanaman vetiveria + kultur bakteri Ra5
Ra6	Limbah cair tenun + tanaman vetiveria + kultur bakteri Ra6
Ra7	Limbah cair tenun + tanaman vetiveria + kultur bakteri Ra7
Ra8	Limbah cair tenun + tanaman vetiveria + kultur bakteri Ra8
Rb1	Limbah cair tenun + tanaman vetiveria + kultur bakteri Rb1
Rb2	Limbah cair tenun + tanaman vetiveria + kultur bakteri Rb2

3.6. Pengujian dan Analisis Data

3.6.1. Pengujian Populasi Bakteri

Sampel air limbah dari reaktor FTW dan larutan NaCl 0,9% diencerkan dengan pengenceran bertingkat. Sebanyak 1 mL sampel air limbah diencerkan dengan 9 mL larutan NaCl 0,9% steril lalu dihomogenkan dan diberi label 10^{-1} (Irfan, 2014). Dari pengenceran 10^{-1} diambil sebanyak 1 mL kemudian dimasukkan ke dalam test tube yang berisi 9 mL larutan NaCl 0,9% steril dan dihomogenkan. Proses ini dilakukan berulang sampai mendapatkan pengenceran 10^{-6} .

Sebanyak 0,1 mL sampel pada pengenceran 10^{-4} – 10^{-6} dimasukkan ke dalam cawan petri steril dengan metode *pour plate*, kemudian ditambahkan sebanyak ± 10 mL media Luria Bertani yang mengandung 10% limbah cair tenun yang difilter dan steril. Cawan petri segera digoyang dan diputar sampai media tersebar secara merata dan homogen. Setiap pengenceran diulang dua kali (duplo). Setelah media membeku, cawan petri diinkubasi pada suhu 30 °C selama 24-48 jam. Jumlah koloni dihitung dengan menggunakan *Colony Counter*. Prosedur dapat dilihat pada Gambar 3. 10.



Gambar 3. 10 Proses Pengujian Populasi Bakteri

3.6.2. Analisis Perhitungan Populasi Bakteri

Pertumbuhan populasi bakteri dianalisis dengan menghitung koloni bakteri menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) yang dihitung dengan *Colony Counter*. Hitungan yang layak apabila kisaran jumlah koloni 30-300 per cawan petri (Davey, 2011). Analisis data dilakukan dengan mendeskripsikan hasil *Total Plate Count* apakah bakteri yang diinokulasikan ke dalam reaktor FTW mengalami pertumbuhan atau tidak (bakteri dari hari ke-0 sampai hari ke-25 mengalami kenaikan atau penurunan jumlahnya). Waktu perhitungan populasi dilakukan sebelum bakteri diinokulasikan ke dalam reaktor (*initial population*) dan pada hari ke-11, 18 dan 25. Hasil perhitungan jumlah koloni dihitung dengan persamaan 1 (Irfan, 2014) berikut:

$$CFU/mL = \frac{1}{\text{vol sampel}} \times \frac{1}{\text{faktor pengenceran}} \times \text{jumlah bakteri dalam cawan} \dots (1)$$



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Identifikasi Bakteri

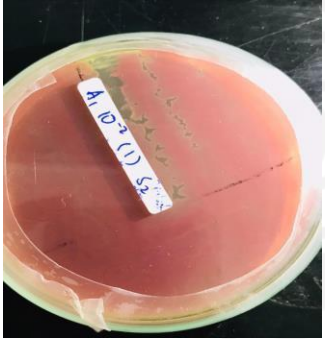
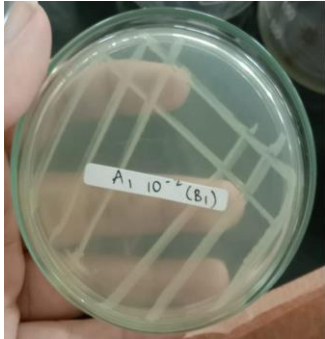
Proses identifikasi hasil isolasi bakteri endofit akar dilakukan pengamatan dengan dua cara yaitu secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan secara makroskopis untuk melihat koloni, dalam penelitian ini yang diidentifikasi meliputi bentuk, tepi, elevasi, ukuran koloni, penampakan koloni, *optical property*, tekstur dan pigmentasi koloni berdasarkan (ATCC, 2021). Dari hasil pengamatan yang ditunjukkan dalam Tabel 4. 1 bentuk koloni terbanyak yaitu *irregular* (60%), kemudian *circular* (30%) dan *filamentous* (10%). Untuk warna koloni terdapat empat warna bakteri yang teridentifikasi yaitu *off white* (40%), *pink* (20%), *cream* (20%) dan kuning (20%).

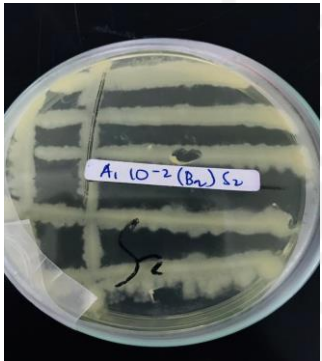
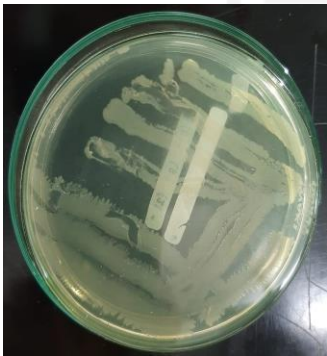
Identifikasi dengan melihat morfologi koloni masih menjadi metode awal yang digunakan, menurut (Sousa *et al.*, 2011) dengan pengamatan secara makroskopis dimungkinkan untuk memprediksi sifat bakteri mana yang mungkin berubah dan hubungannya dengan faktor eksternal, identifikasi koloni juga dapat membantu menemukan hubungan antara perubahan morfologi koloni, virulensi, resistensi antimikroba dan persistensi.

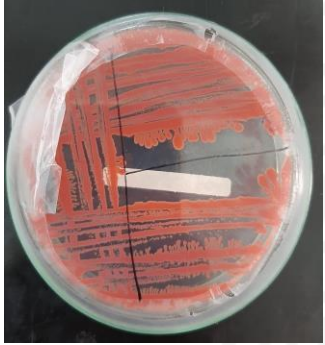

Selanjutnya proses identifikasi secara mikroskopis dilakukan untuk melihat jenis gram dan bentuk sel bakteri. Pewarnaan gram bertujuan untuk membagi bakteri dalam dua klasifikasi yaitu gram positif dan gram negatif. Bakteri gram positif setelah pewarnaan akan berwarna ungu dan bakteri gram negatif akan berwarna *pink* (Madigan *et al.*, 2012). Hasil identifikasi 10 isolat bakteri menunjukkan sebanyak 70% isolat bakteri teridentifikasi sebagai gram positif dan 30% teridentifikasi sebagai gram negatif. Isolat bakteri yang merupakan bakteri gram positif adalah Ra1, Ra3, Ra5, Ra6, Ra7, Ra8, dan Rb1. Sedangkan isolat bakteri gram negatif adalah Ra2, Ra4, dan Rb2. Perbedaan warna pada bakteri gram positif dan bakteri gram negatif menunjukkan adanya perbedaan pada struktur dinding selnya, bakteri gram positif memiliki struktur dinding sel dengan kandungan peptidoglikan yang tebal sedangkan bakteri gram negatif memiliki struktur dinding sel dengan kandungan lipid yang tinggi (Fitri & Yasmin, 2011).

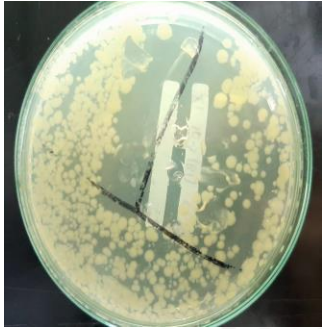

Hasil pengamatan bentuk sel bakteri pada Tabel 4. 2 hanya terdapat dua bentuk sel yang teridentifikasi yaitu *basil* (60%) dan *coccus* (40%). Isolat bakteri yang mempunyai bentuk sel *basil* adalah Ra2, Ra3, Ra5, Ra6, Ra7, dan Rb1. Kemudian bakteri yang mempunyai bentuk sel *coccus* adalah Ra1, Ra4, Ra8 dan Rb2.

Tabel 4. 1 Hasil Pengamatan Morfologi Bakteri

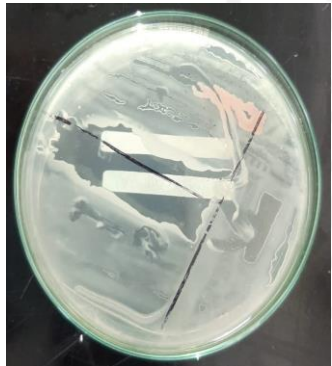
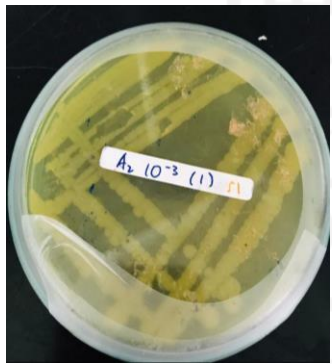
No	Kode Sampel	Gambar	Bentuk	Tepi	Elevasi	Ukuran	Apperance	Optical property	Tekstur	Pigmentasi
1	Ra1		Irregular	Undulate	Raised	Large	Dull	Translucent	Smooth	Pigmented (pink)
2	Ra2		Irregular	Entire	Flat	Moderate	Dull	Translucent	Smooth	Non pigmented (off white)

No	Kode Sampel	Gambar	Bentuk	Tepi	Elevasi	Ukuran	Apperance	Optical property	Tekstur	Pigmentasi
3	Ra3		Irregular	Undulate	Convex	Moderate	Dull	Translucent	Smooth	Non pigmented (off white)
4	Ra4		Irregular	Lobate	Flat	Moderate	Dull	Tranparant	Smooth	Non pigmented (off white)

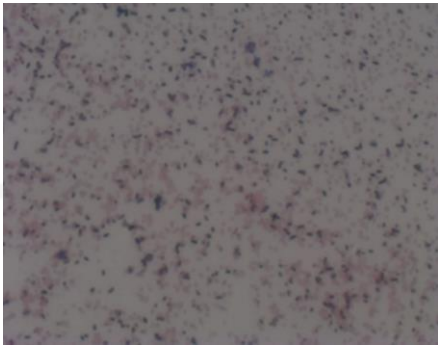
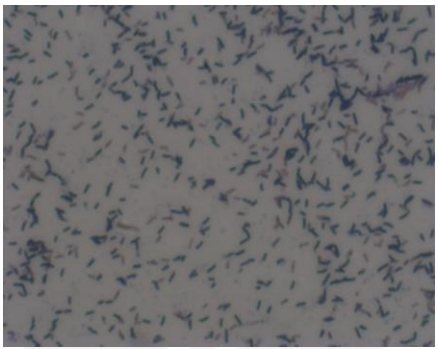
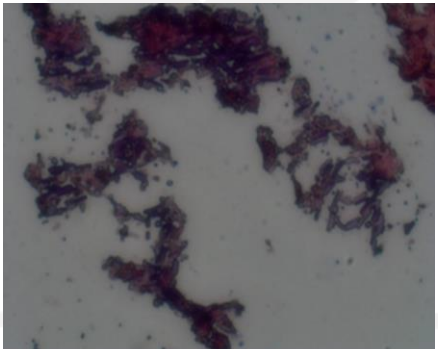
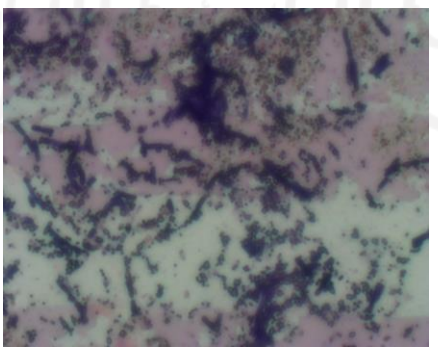
No	Kode Sampel	Gambar	Bentuk	Tepi	Elevasi	Ukuran	Apperance	Optical property	Tekstur	Pigmentasi
5	Ra5		Filamentous	Lobate	Convex	Small	Glistening	Opaque	Smooth	Pigmented (Pink)
6	Ra6		Circular	Entire	Convex	Moderate	Glistening	Opaque	Smooth	Non pigmented (off white)

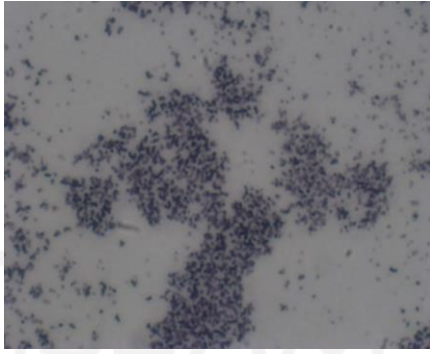
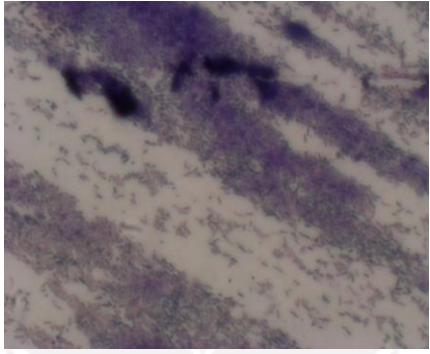
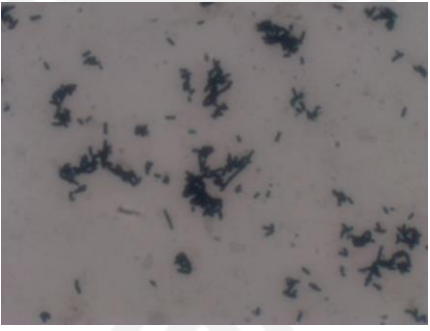
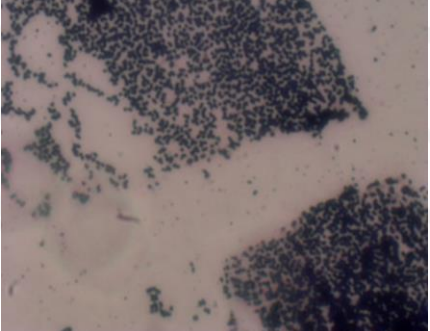
No	Kode Sampel	Gambar	Bentuk	Tepi	Elevasi	Ukuran	Apperance	Optical property	Tekstur	Pigmentasi
7	Ra7		Circular	Entire	Raised	Small	Dull	Opaque	Smooth	Pigmented (Yellow)
8	Ra8		Irregular	Undulate	Flat	Moderate	Dull	Transparant	Smooth	Non pigmented (cream)

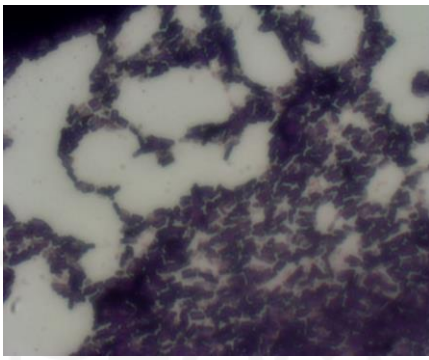
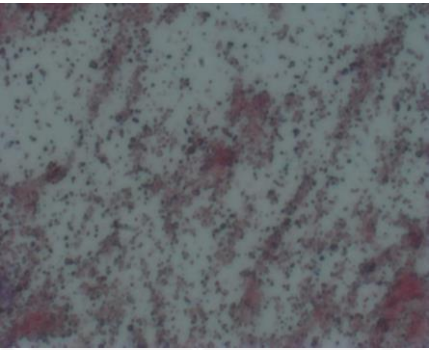
الجمهورية العربية السورية
 جامعة البعث
 كلية الصيدلة
 البعث - اللاذقية

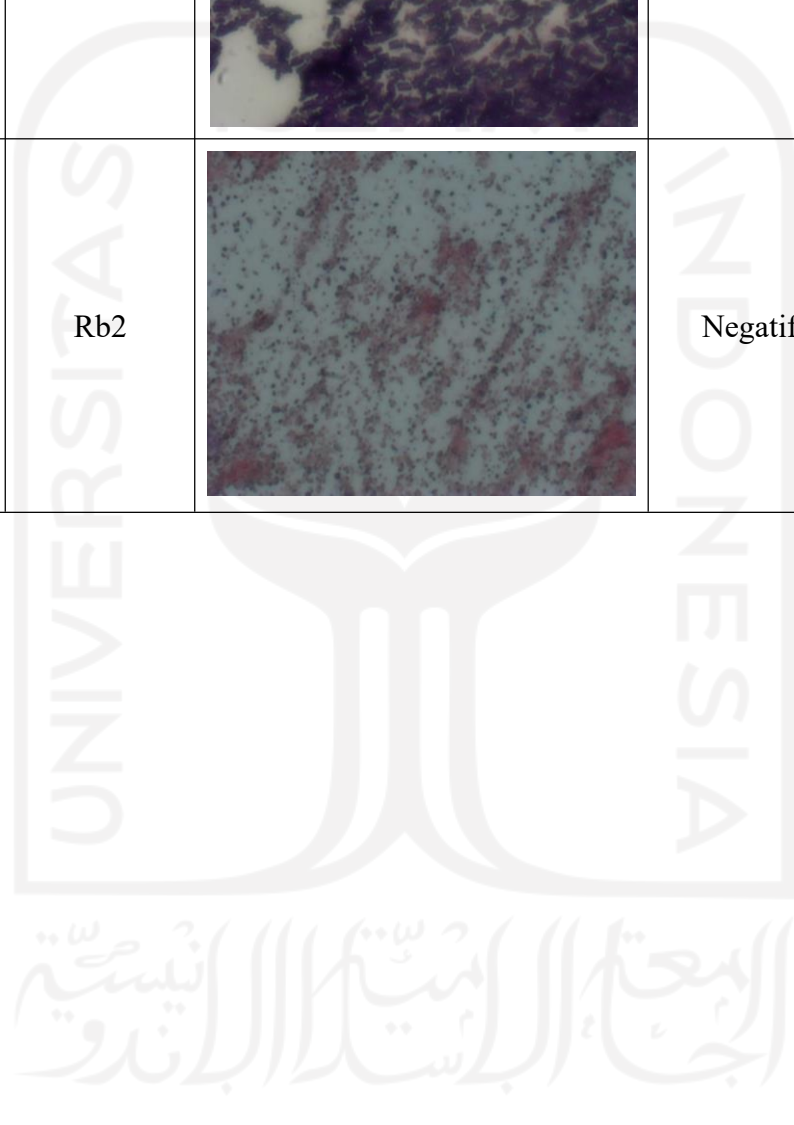
No	Kode Sampel	Gambar	Bentuk	Tepi	Elevasi	Ukuran	Apperance	Optical property	Tekstur	Pigmentasi
9	Rb1		Irregular	Undulate	Flat	Moderate	Dull	Translucent	Smooth	Non pigmented (cream)
10	Rb2		Circular	Entire	Convex	Moderate	Glistening	Opaque	Smooth	Pigmented (Yellow)

Tabel 4. 2 Hasil Pengamatan Pewarnaan Gram dan Bentuk Sel

No	Kode Sampel	Perbesaran 100X	Sifat Gram	Bentuk Sel
1	Ra1		Positif	Coccus
2	Ra2		Negatif	Basil
3	Ra3		Positif	Basil
4	Ra4		Negatif	Coccus

No	Kode Sampel	Perbesaran 100X	Sifat Gram	Bentuk Sel
5	Ra5		Positif	Basil
6	Ra6		Positif	Basil
7	Ra7		Positif	Basil
8	Ra8		Positif	Coccus

No	Kode Sampel	Perbesaran 100X	Sifat Gram	Bentuk Sel
9	Rb1		Positif	Basil
10	Rb2		Negatif	Coccus

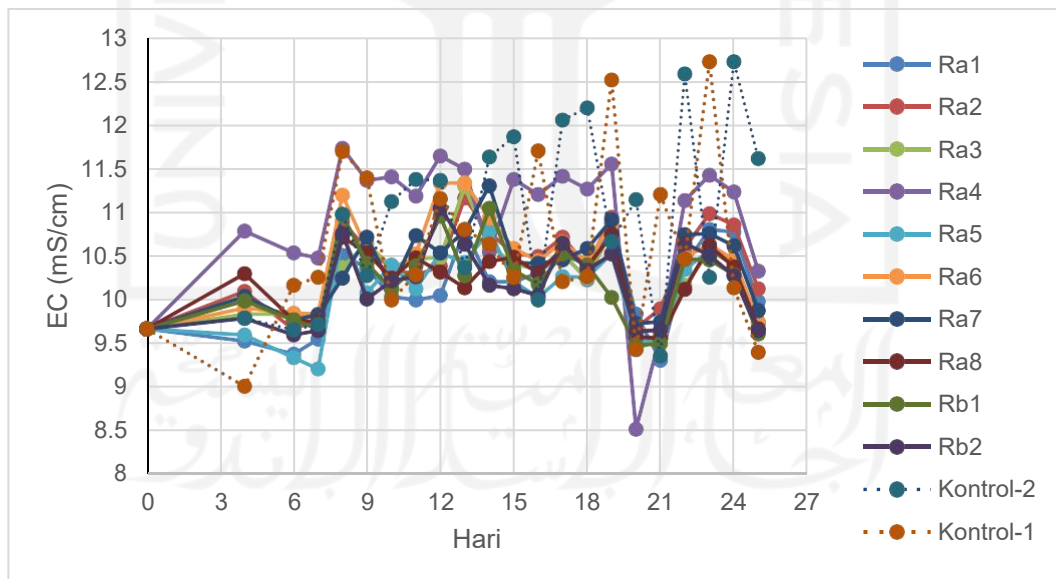


4.2. Hasil Pengujian Parameter Fisika

Parameter fisika yang diuji dalam penelitian ini adalah *electrical conductivity* (EC), pH dan suhu air limbah. Parameter ini diuji setiap hari selama reaktor FTW berjalan.

4.2.1. *Electrical Conductivity* (EC)

Perubahan pada nilai EC selama pengamatan 25 hari terjadi kenaikan dan penurunan, nilai EC tertinggi terjadi pada hari ke-8 pada reaktor Ra4 sebesar 11,74 mS/cm, sedangkan nilai EC terendah adalah pada hari ke-20 di reaktor Ra4 sebesar 8,52 mS/cm. Perbedaan nilai EC pada reaktor yang ditambahkan bakteri dengan kontrol tidak jauh berbeda, nilai EC tertinggi pada reaktor kontrol terdapat di hari ke-23 pada Kontrol-1 dan hari ke- 24 pada Kontrol-2 dengan nilai yang sama sebesar 12,73 mS/cm. Hal ini menunjukkan penambahan bakteri dalam limbah tidak memberikan hasil yang signifikan terhadap penurunan nilai EC, sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pambudi, (2020) penambahan bakteri tidak memberikan banyak perubahan terhadap nilai EC. Sedangkan dalam penelitian Prasetya, (2019) penurunan nilai EC terjadi hanya pada satu titik saja, sedangkan di titik yang lainnya cenderung 0 karena limbah yang diolah sangat pekat. Dalam (Sa'adah, 2020) adanya penambahan limbah pada reaktor menyebabkan nilai EC fluktuatif. Nilai EC dipengaruhi oleh padatan terlarut dalam limbah, semakin besar jumlah padatan terlarut maka kemungkinan jumlah ion juga akan semakin besar, sehingga nilai konduktivitas listrik juga akan semakin besar (Irwan & Afdal, 2016).

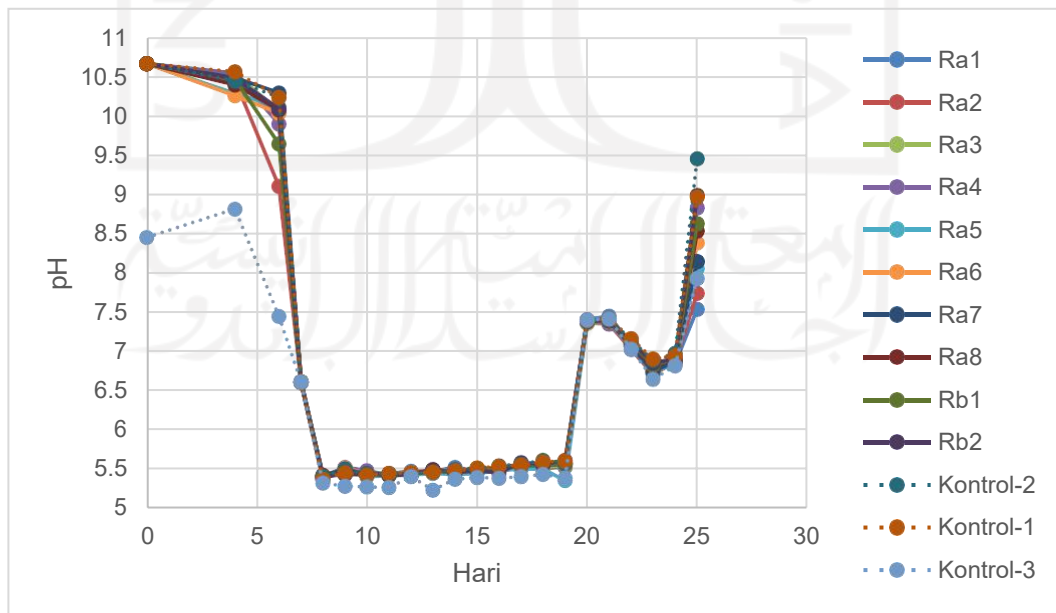


Gambar 4. 1 Grafik *Electrical Conductivity* (EC)

4.2.2. pH

Pengukuran pH dilakukan selama 25 hari, *range* nilai pH di setiap pengukuran antar reaktor tidak menunjukkan rentang yang terlalu jauh. Sebagian besar mikroba tumbuh optimal antara pH 5,5 – 8 (Madigan *et al.*, 2012). Nilai pH pada pengujian hari ke-0 di semua reaktor yaitu 10,66. Kemudian mulai penurunan yang signifikan pada hari ke-7 di rentang pH 6,6 kemudian naik kembali di hari ke-20 pada kisaran pH 7, turun kembali ke pH 6 dan pada hari ke-25 naik kembali ke kisaran pH 7-8, pH air limbah yang semula dalam kondisi basa turun mendekati pH netral. Penurunan nilai pH yang terjadi dalam pengukuran hari ke-8 sampai dengan hari ke-19 dengan rentang nilai pH 5 dapat disebabkan karena menggunakan alat pengukuran yang berbeda pada hari sebelumnya. Dalam penelitian Tara *et al.*, (2019), penurunan nilai pH dapat dikaitkan dengan perubahan warna oleh bakteri dan tanaman. Pada pH 6-9 tanaman menunjukkan kemampuan penyerapan yang baik, semakin basa pH efektivitas penyerapannya cenderung menurun (Tambunan *et al.*, 2018). Limbah dalam reaktor kontrol mengalami hal yang sama dengan reaktor yang ditambahkan bakteri, penurunan pH menurut Pambudi, (2020) dikarenakan kondisi anaerob dalam reaktor.

Terjadinya penurunan dan kenaikan pH menunjukkan bahwa pada reaktor tersebut terjadi proses aktivitas pertumbuhan bakteri dan aktivitas oleh tumbuhan (Rofifah & Titah, 2018). Adanya penurunan pH dapat disebabkan karena adanya aktivitas pertumbuhan bakteri, aktivitas tersebut menyebabkan terbentuknya asam-asam sederhana dan karbondioksida akibat pemecahan senyawa organik (Abat, 2006). Sedangkan kenaikan pH pada media yang mengandung bakteri disebabkan adanya aktivitas bakteri serta penumpukan sel mati dari bakteri yaitu sel bakteri telah mendekati atau berada pada fase stasioner (Rofifah & Titah, 2018).

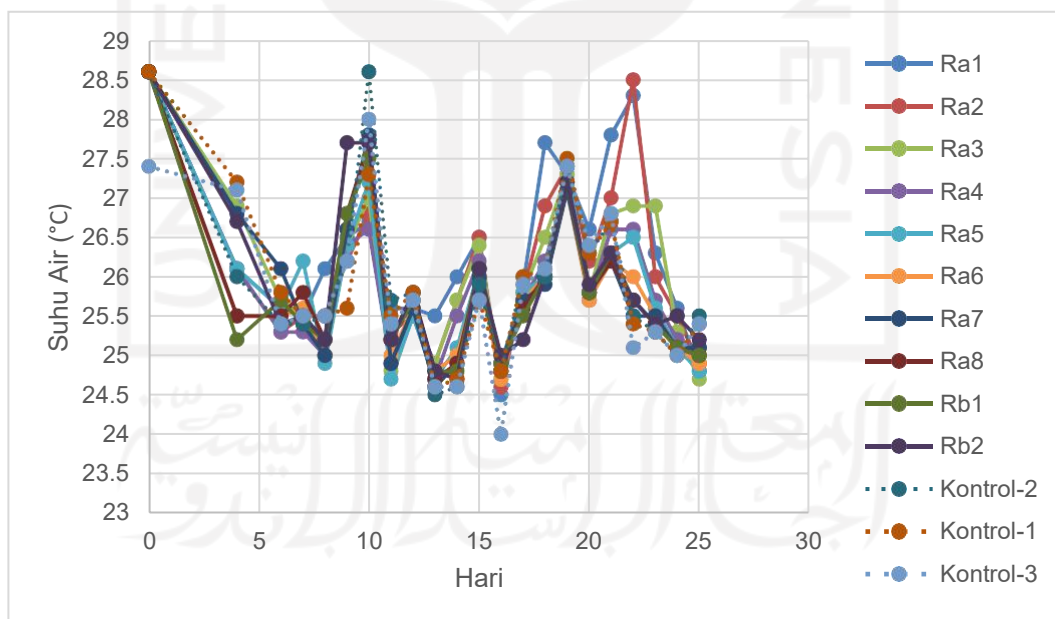


Gambar 4. 2 Grafik Pengukuran pH

4.2.3. Suhu Air

Nilai suhu air pada hampir tiap pengukuran di masing-masing reaktor mengalami tren perubahan kenaikan dan penurunan yang sama. Perubahan yang nilai suhu yang terjadi setiap hari dapat dikarenakan perbedaan waktu pengukuran yang dilakukan setiap harinya, didukung dengan penelitian yang dilakukan oleh Sa'adah (2020) tren suhu yang mengalami kenaikan dan penurunan dapat disebabkan karena adanya perbedaan cuaca setiap harinya pada saat pengukuran. Pada reaktor yang ditambahkan bakteri nilai suhu air tidak berbeda jauh dengan reaktor kontrol tanpa bakteri. Rentang suhu dalam hasil penelitian ini yaitu 24-28,5 °C. Suhu air terendah terdapat di hari ke-16 dengan rentang nilai 24-25 °C, sedangkan untuk suhu tertinggi terdapat pada reaktor Ra2 di hari ke-22 sebesar 28,5 °C. Hal yang tidak jauh berbeda juga terjadi dalam penelitian (Pambudi, 2020) pada limbah konsentrasi 50% rentang suhu berkisar antara 25,9-27,5 °C.

Suhu optimum untuk perkembangan bakteri berada pada rentang 27-29 °C (Prasetya, 2019). Suhu air sangat berpengaruh terhadap proses kimiawi dan biologis dalam air. Mikroba yang hidup di dalam air mempunyai tingkat toleransi yang berbeda terhadap perubahan suhu, tingkat toleransi tersebut dipengaruhi oleh jenis mikroba. Walaupun terdapat mikroba yang dapat bertahan hidup di suhu yang tinggi, akan tetapi pada tingkat kenaikan suhu tertentu dapat menyebabkan kematian pada mikroba (Mudatsir, 2007).



Gambar 4. 3 Grafik Suhu Air

4.3. Hasil Uji Pertumbuhan Bakteri

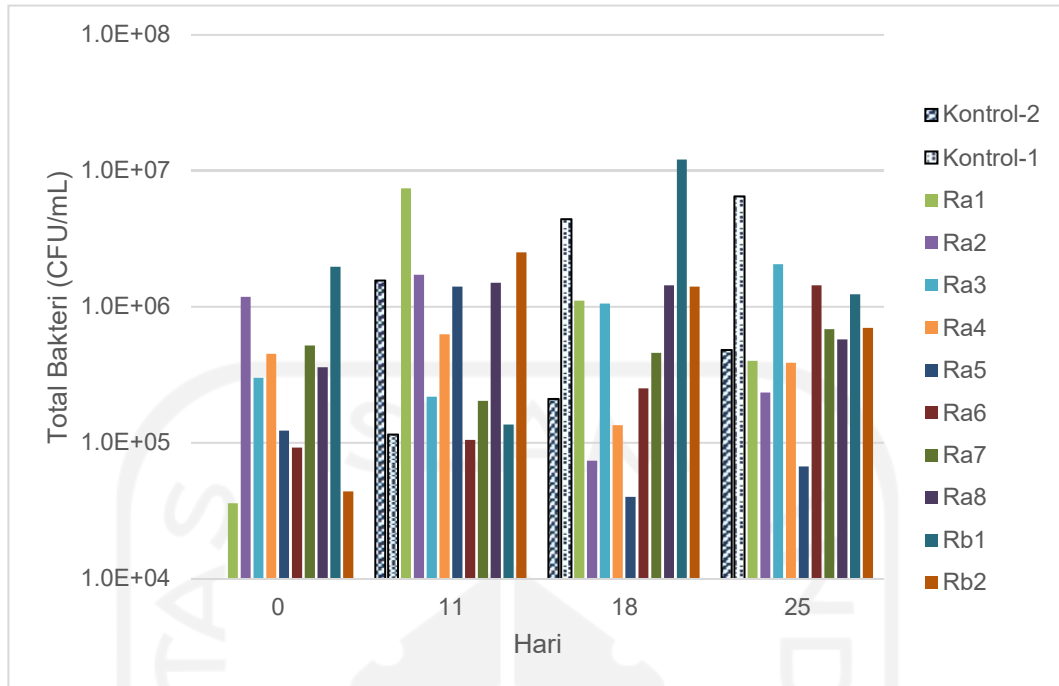
Dari 10 isolat bakteri yang ditambahkan ke dalam reaktor, bakteri yang menunjukkan pertumbuhan tertinggi yaitu pada reaktor Rb1 sebesar $1,2 \times 10^7$ CFU/mL pada hari ke-18 dan menurun di hari ke-25 menjadi $1,2 \times 10^6$ CFU/mL, sedangkan bakteri yang menunjukkan aktivitas pertumbuhan yang rendah terjadi pada reaktor Ra5, dengan jumlah bakteri $1,4 \times 10^6$ CFU/mL pada hari ke-11 kemudian pertumbuhan menurun menjadi 4×10^4 CFU/mL pada hari ke-18 dan 25. Terdapat lima pola pertumbuhan bakteri dalam air limbah di reaktor sejak bakteri ditambahkan pada hari ke-0: (1) bakteri mengalami kenaikan pada hari ke-11, lalu jumlahnya menurun pada hari ke-18 dan 25, hal ini terjadi pada Ra1, Ra8 dan Rb2. (2) bakteri mengalami kenaikan pada hari ke-11, lalu jumlahnya menurun pada hari ke-18 kemudian naik kembali pada hari ke-25, hal ini terjadi pada Ra2, Ra4 dan Ra5. (3) bakteri mengalami penurunan pada hari ke-11, kemudian jumlahnya meningkat pada hari ke-18 dan 25, hal ini terjadi pada Ra3 dan Ra7. (4) Bakteri mengalami kenaikan secara terus-menerus dari hari ke-11 sampai dengan ke-25, hal ini terdapat pada Ra6, dan (5) bakteri mengalami penurunan pada hari ke-11, lalu meningkat jumlahnya pada hari ke-18 dan mengalami penurunan kembali pada hari ke-25, hal ini terjadi pada Rb1. Pada sampling hari ke-11 bakteri yang mengalami kenaikan adalah pada reaktor Ra1, Ra2, Ra4, Ra5, Ra6, Ra8, dan Rb2 dengan kenaikan tertinggi pada bakteri pada reaktor Ra1 dengan jumlah $7,4 \times 10^6$ CFU/mL. Sedangkan bakteri yang mengalami penurunan yaitu pada reaktor Ra3, Ra7 dan Rb1, penurunan yang signifikan yaitu pada bakteri di reaktor Rb1 dengan jumlah awal $2,0 \times 10^6$ CFU/mL turun menjadi $1,4 \times 10^5$ CFU/mL. Kemudian bakteri yang mengalami kenaikan pada hari ke-18 yaitu pada reaktor Ra3, Ra6, Ra7 dan Rb1 dengan kenaikan terbesar pada reaktor Rb1, dan untuk bakteri yang mengalami penurunan yaitu pada reaktor Ra1, Ra2, Ra4, Ra5, Ra8 dan Rb2 dengan penurunan yang signifikan terjadi pada reaktor Ra5 turun menjadi $4,0 \times 10^4$ CFU/mL. Bakteri yang menunjukkan peningkatan pada hari ke-25 dari hari ke-18 yaitu pada reaktor Ra2, Ra3, Ra4, Ra5, Ra6, dan Ra7 dengan rata-rata kenaikan sebesar 56%, kenaikan tertinggi yaitu pada bakteri reaktor Ra6 $1,4 \times 10^4$ CFU/mL setelah sebelumnya terjadi penurunan. Sedangkan bakteri yang menunjukkan penurunan di hari ke-25 adalah pada reaktor Ra1, Ra8, Rb1 dan Rb2 dengan rata-rata penurunan sebesar 66% dan yang mengalami penurunan signifikan adalah bakteri Rb1. Reaktor kontrol yang tidak ditambahkan bakteri pada pengujian hari ke-0 tidak terdapat koloni bakteri pada air limbah, akan tetapi terjadi peningkatan jumlah koloni bakteri di pengujian hari ke-11 dan selanjutnya, peningkatan ini diduga karena adanya kontaminasi silang (Afzal *et al.*, 2011).

Pada data hasil perhitungan tidak menemukan bakteri yang mengalami penurunan secara terus-menerus dari hari ke-0 sejak ditambahkan ke reaktor, dalam penelitian yang dilakukan Prasetya, (2019) penurunan jumlah bakteri secara terus-menerus disebabkan oleh kondisi lingkungan dari air limbah yang tidak menguntungkan bakteri, oleh sebab itu menyebabkan terjadinya kematian pada bakteri bakterti. Hal serupa juga didukung oleh Afzal *et al.*, (2011) penurunan jumlah bakteri yang diinokulasikan disebabkan oleh ketersediaan nutrient yang tidak memadai dan kondisi lingkungan yang tidak optimal yang mana dipengaruhi juga oleh pH dan jumlah ion.

Adanya penambahan bakteri endofit pada air limbah dalam reaktor menyebabkan meningkatnya potensi degradasi yang signifikan pada parameter warna, COD, dan BOD (Shehzadi *et al.*, 2014). Jumlah bakteri yang tinggi sejalan dengan potensi degradasi limbah yang tinggi pula (Afzal *et al.*, 2011). Removal tertinggi pada parameter warna terjadi pada hari ke-11 (62%) pada reaktor Rb2 dengan jumlah bakteri $2,5 \times 10^6$ CFU/mL dan removal hari ke-18 (63%) hal ini didukung dengan jumlah bakteri yang tinggi juga sebesar $1,4 \times 10^6$ CFU/mL, sedangkan removal pada jumlah bakteri tertinggi pada reaktor Rb1 di hari ke-18 sebesar 57%. Sedangkan untuk hari ke-25 removal tertinggi terdapat pada Ra8 (65%) dengan jumlah bakteri sebesar $5,8 \times 10^5$ CFU/mL, Ra5 (64%) dengan jumlah bakteri sebesar $6,7 \times 10^4$ CFU/mL dan pada Ra2 dan Ra7 (60%) dengan jumlah bakteri sebesar $2,4 \times 10^5$ CFU/mL pada Ra2 dan $6,8 \times 10^5$ CFU/mL pada Ra7. Jumlah bakteri pada Ra5 merupakan jumlah terendah dari keseluruhan bakteri, namun jumlah bakteri mengalami kenaikan dari hari sebelumnya, sedangkan untuk jumlah bakteri tertinggi pada hari ke-25 menunjukkan removal yang sedang.

Untuk parameter COD bakteri yang menunjukkan removal tertinggi yaitu pada Ra2, Rb2 dan Ra4. Removal pada Ra2 berturut-turut pada hari ke-11, 18 dan 25 adalah sebesar 79%, 85% dan 91%, kemudian pada Ra4 yaitu 75%, 81% dan 87% dan pada Rb2 sebesar 77%, 79% dan 83%. Removal menunjukkan peningkatan pada tiap bakteri dari hari ke-11 sampai hari ke-25. Bila dibandingkan dengan jumlah bakteri dalam air limbah, jumlah bakteri Ra2 pada hari ke-11 sebesar $1,7 \times 10^6$ CFU/mL lalu turun pada hari ke-18 menjadi $7,4 \times 10^4$ CFU/mL dan naik kembali pada hari ke-25 menjadi $2,4 \times 10^6$ CFU/mL, bakteri pada hari ke-18 dan 25 bukan merupakan bakteri dengan jumlah tertinggi dari keseluruhan bakteri. Jumlah bakteri pada Ra4 bukan merupakan jumlah tertinggi dari total keseluruhan bakteri berada pada log 5 CFU/mL, pada hari ke-11 berjumlah $6,3 \times 10^5$ CFU/mL, mengalami penurunan pada hari ke-18 menjadi $1,4 \times 10^5$ CFU/mL dan naik kembali pada hari ke-25 menjadi $3,9 \times 10^5$ CFU/mL. Sedangkan untuk Rb2 jumlah bakteri termasuk kedalam jumlah tertinggi dari keseluruhan, pada hari ke-11 berjumlah $2,5 \times 10^6$ CFU/mL, kemudian turun menjadi $1,4 \times 10^6$ CFU/mL dan turun kembali pada hari ke-25 menjadi $7,0 \times 10^5$ CFU/mL. Berbeda halnya dalam penelitian (Prasetya, 2019) kenaikan jumlah bakteri juga diikuti dengan kenaikan degradasi polutan dan ketika jumlah bakteri menurun, konsentrasi polutan meningkat, namun dalam penelitian ini peningkatan removal COD yang terjadi tidak diiringi juga dengan peningkatan jumlah bakteri dari hari sebelumnya, akan tetapi beberapa bakteri yang menunjukkan removal tinggi termasuk ke dalam jumlah bakteri tertinggi dari keseluruhan bakteri.

Dalam menghitung jumlah koloni bakteri dengan metode *plate count* terdapat kekurangan yaitu hanya dapat mengukur populasi bakteri hidup yang ada dalam sampel dengan asumsi bahwa setiap koloni berasal dari pertumbuhan dan pembelahan satu sel (Madigan *et al.*, 2012). Serta dalam mengevaluasi total populasi bakteri dapat memberikan hasil yang bervariasi dengan yang lainnya, hal tersebut tergantung pada media pertumbuhan bakteri yang digunakan untuk isolasi (Lodewyckx *et al.*, 2002).



Gambar 4. 4 Grafik Hasil Pengujian Jumlah Bakteri

Keterangan:

Kontrol-1 : Kontrol limbah

Kontrol-2 : Kontrol limbah + tanaman

Ra1 : Bakteri gram positif, Coccus

Ra2 : Bakteri gram negatif, Basil

Ra3 : Bakteri gram positif, Basil

Ra4 : Bakteri gram negatif, Coccus

Ra5 : Bakteri gram positif, Basil

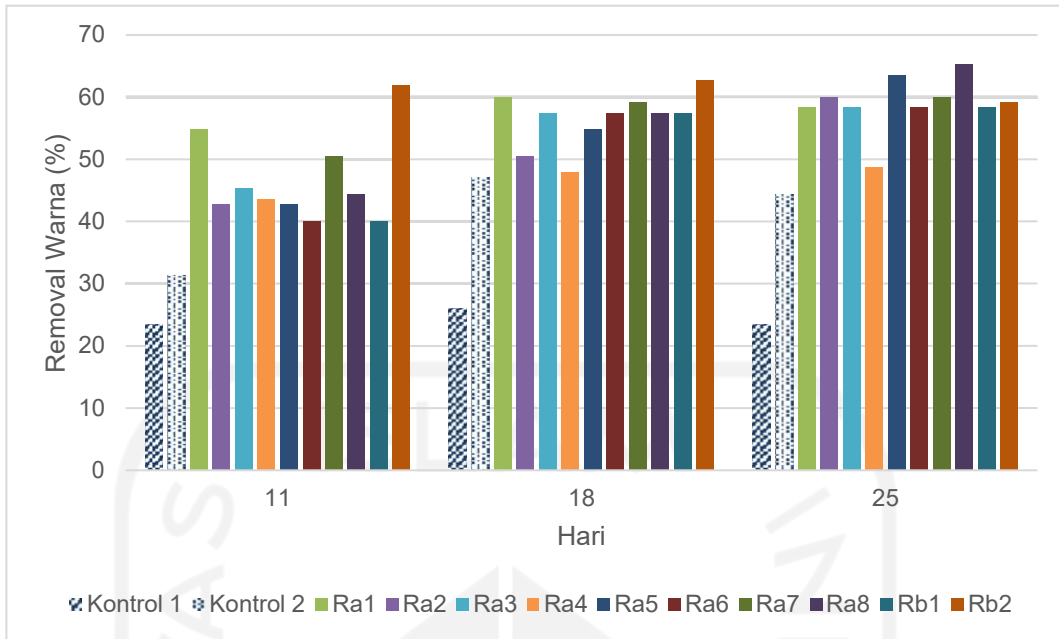
Ra6 : Bakteri gram positif, Basil

Ra7 : Bakteri gram positif, Basil

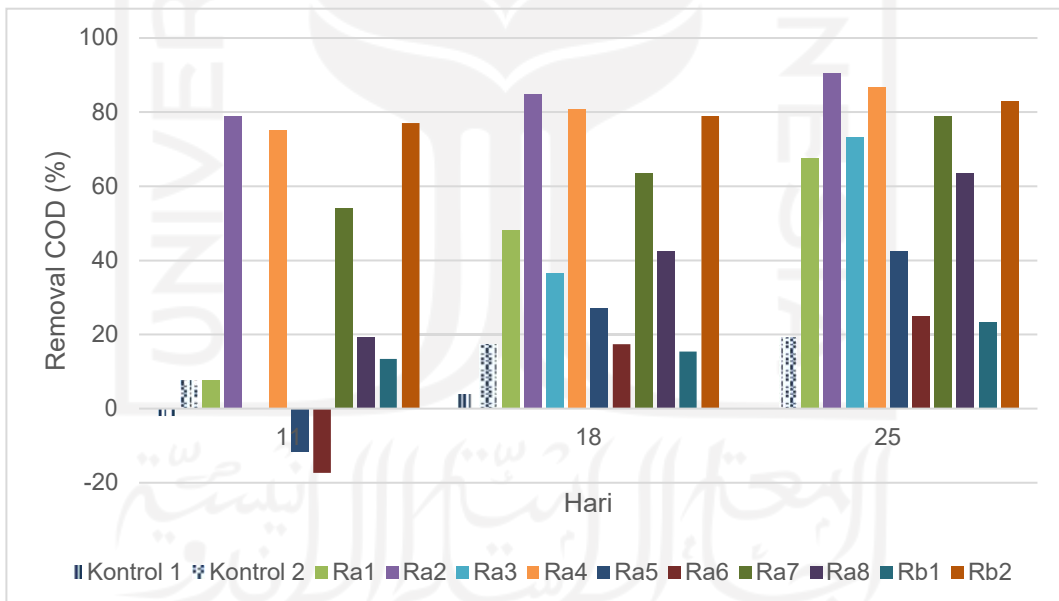
Ra8 : Bakteri gram positif, Coccus

Rb1 : Bakteri gram positif, Basil

Rb2 : Bakteri gram negatif, Coccus



Gambar 4. 5 Removal Parameter Warna (Data diambil oleh Chaerisa Noor Fadilla)



Gambar 4. 6 Removal Parameter COD (Data diambil oleh Affie MaghfiraNuzula)

4.4. Pertumbuhan Bakteri di *Floating Treatment Wetland*

Bakteri endofit dikombinasikan dengan tanaman karena mempunyai kemampuan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman. Bakteri endofit meningkatkan aktivitas pertumbuhan tanaman yaitu dengan solubilisasi fosfat,

memproduksi indole acetic acid (IAA) dan produksi siderophore, serta bakteri endofit juga dapat menyuplai vitamin esensial pada tanaman (Ryan *et al.*, 2008). Selain meningkatkan pertumbuhan tanaman bakteri endofit juga dapat meningkatkan aktivitas fitoremediasi. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Guo *et al.*, (2021) penambahan bakteri endofit juga berperan untuk mendorong pertumbuhan tanaman dalam kondisi salinitas pada *wetland* di daerah pesisir.

Menurut Afzal *et al.*, (2014) terdapat tiga mekanisme bagaimana bakteri endofit dapat meningkatkan fitoremediasi polutan organik yaitu dengan meningkatkan: (1) pertumbuhan tanaman dan produksi biomassa, (2) bioavailabilitas (ketersediaan hayati) polutan organik, dan (3) ukuran populasi dan aktivitas bakteri untuk menurunkan polutan organik melalui transfer gen horizontal. Tanaman memberikan karbon organik pada bakteri yang ada di rizosfer untuk membantu mereka menurunkan senyawa organik kompleks seperti hidrokarbon dan hidrokarbon aromatik (Shahid *et al.*, 2020).

Beberapa penelitian menunjukkan populasi koloni bakteri pada akar dan pucuk tanaman lebih tinggi daripada jumlah bakteri yang diinokulasi dalam air limbah (Afzal *et al.*, 2011; Ijaz *et al.*, 2015; Shehzadi *et al.*, 2014). Jumlah bakteri yang diinokulasikan dalam air limbah lebih rendah jumlahnya yaitu sebesar $2,1 \times 10^7$ CFU bila dibandingkan dengan jumlah bakteri di rizosfer sebesar $8,1 \times 10^7$ CFU (Hussain *et al.*, 2018). Hal ini dapat disebabkan karena bakteri endofit dapat berkoloni dengan efektif pada endosfer tanaman daripada air limbah (Ijaz *et al.*, 2015), serta dapat juga karena bakteri yang diinokulasi berasal dari isolasi akar dan pucuk tanaman yang telah beradaptasi (Shehzadi *et al.*, 2014). Namun dalam penelitian ini jumlah bakteri yang hitung hanya pada air limbah saja, tidak dihitung jumlah bakteri pada akar dan pucuk tanaman. Faktor-faktor kunci yang mengendalikan pertumbuhan mikroba yaitu suhu, pH, ketersediaan air, dan oksigen, serta ada beberapa faktor lain yang berpotensi mempengaruhi seperti tekanan dan radiasi (Madigan *et al.*, 2012).

Dalam penelitian ini tidak dievaluasi kembali bagaimana karakteristik bakteri yang tumbuh dalam air limbah, apakah bakteri yang tumbuh sama seperti bakteri yang diinokulasikan. Sedangkan dalam penelitian yang dilakukan Shehzadi *et al.*, (2014) hanya sebanyak 62-75% bakteri yang tumbuh merupakan bakteri yang diinokulasikan, sedangkan sisanya merupakan bakteri indigenus limbah tekstil.

الجمهورية العربية السورية
الجامعة العربية السورية
الكلية الهندسية
الجامعة العربية السورية



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, hasil isolasi dan identifikasi bakteri dari akar tanaman *Vetiveria* serta pertumbuhan dan pengaruh populasi bakteri yang ditambahkan dalam reaktor. Hasil penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil proses isolasi dan identifikasi bakteri diperoleh 10 isolat bakteri dengan karakteristik sebanyak 7 isolat bakteri teridentifikasi sebagai gram positif dan 3 teridentifikasi sebagai gram negatif. Dari hasil pengamatan bentuk sel bakteri, bentuk sel yang teridentifikasi adalah *basil* (6 isolat) dan *coccus* (4 isolat).
2. Pertumbuhan populasi bakteri yang ditambahkan ke reaktor menunjukkan hasil, bakteri yang menunjukkan aktivitas pertumbuhan tertinggi terdapat pada reaktor Rb1, sedangkan bakteri yang menunjukkan aktivitas pertumbuhan yang rendah pada reaktor Ra5. Tidak temukan bakteri yang mengalami penurunan secara terus menerus sejak ditambahkan ke reaktor, namun bakteri mengalami kenaikan pada hari ke-11 kemudian jumlahnya menurun.
3. Bakteri yang berpotensi terhadap peningkatan removal parameter warna adalah bakteri Ra8, Ra5, Ra2, Ra7 dan Rb2, sedangkan untuk parameter COD adalah bakteri Rb2, Ra4 dan Ra2.

5.2 Saran

Berdasarkan dari hasil penelitian, beberapa saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Perlu ditambahkan pengukuran panjang akar dan tinggi tanaman pada kurun waktu tertentu untuk mengetahui hubungan antara jumlah populasi bakteri dengan pertumbuhan tanaman.
2. Diperlukan pengujian populasi bakteri dengan dua metode yang berbeda untuk membandingkan hasil perhitungan dan menjamin keakuratan hasil perhitungan.



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

DAFTAR PUSTAKA

- Abat, B. (2006). *Growth of Agriculturally Important Pseudomonas spp. And Azotobacter chroococcum on Beer Waste and Observation of Their Survival in Peat* (Issue September). Middle East Technical University.
- Afzal, I., Shinwari, Z. K., Sikandar, S., & Shahzad, S. (2019). Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants. *Microbiological Research*, 221(April 2018), 36–49.
- Afzal, M., Khan, Q. M., & Sessitsch, A. (2014). Endophytic bacteria : Prospects and applications for the phytoremediation of organic pollutants. *Chemosphere*, 117, 232–242.
- Afzal, M., Yousaf, S., Reichenauer, T. G., Kuffner, M., & Sessitsch, A. (2011). Soil type affects plant colonization , activity and catabolic gene expression of inoculated bacterial strains during phytoremediation of diesel. *Journal of Hazardous Materials*, 186, 1568–1575.
- Ambarwati, Y., & Bahri, S. (2018). Review: Fitoremidiasi Limbah Logam Berat dengan Tumbuhan Akar Wangi (*Vetiveria zizanioides* L). *Analit: Analytical and Environmental Chemistry*, 3(02), 139–147.
- ATCC. (2021). Introduction to Microbiology. In *American Type Culture Colection*. www.atcc.org.
- Brader, G., Compant, S., Mitter, B., Trognitz, F., & Sessitsch, A. (2014). Metabolic potential of endophytic bacteria. *Current Opinion in Biotechnology*, 27, 30–37.
- Colares, G. S., Dell’Osbel, N., Wiesel, P. G., Oliveira, G. A., Lemos, P. H. Z., da Silva, F. P., Lutterbeck, C. A., Kist, L. T., & Machado, É. L. (2020). Floating treatment wetlands: A review and bibliometric analysis. *Science of the Total Environment*, 714, 136776.
- Davey, H. M. (2011). Life, death, and in-between: Meanings and methods in microbiology. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(16), 5571–5576.
- Fitri, L., & Yasmin, Y. (2011). Isolasi dan pengamatan morfologi koloni bakteri kitinolitik. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*, 3(2), 20–25.
- Fitriani, A., Aryani, A., Yusuf, H., & Permatasari, Y. (2012). The Exploration of Ketosynthase Gene on Endophytic Bacterial Root of *Vetiveria*. *International Journal of Basic & Applied Sciences*, 13(04), 112–119.
- Guo, J., Chen, Y., Lu, P., Liu, M., Sun, P., & Zhang, Z. (2021). Roles of endophytic bacteria in Suaeda salsa grown in coastal wetlands : Plant growth characteristics and salt tolerance mechanisms. *Environmental Pollution*, 287(May), 117641.
- Holkar, C. R., Jadhav, A. J., Pinjari, D. V, Mahamuni, N. M., & Pandit, A. B.

- (2016). A critical review on textile wastewater treatments : Possible approaches. *Journal of Environmental Management*, 182, 351–366.
- Hussain, Z., Arslan, M., Hasan, M., Mohsin, M., Iqbal, S., & Afzal, M. (2018). Integrated perspectives on the use of bacterial endophytes in horizontal flow constructed wetlands for the treatment of liquid textile effluent : Phytoremediation advances in the field. *Journal of Environmental Management*, 224(May), 387–395.
- Ijaz, A., Shabir, G., Khan, Q. M., & Afzal, M. (2015). Enhanced remediation of sewage effluent by endophyte-assisted floating treatment wetlands. *Ecological Engineering*, 84, 58–66.
- Imtiazuddin, S. ., Mumtaz, M., & Mallick, K. A. (2012). Pollutants of Wastewater Characteristics in Textile Industries. *Journal of Basic and Applied Sciences*, January 2012.
- Irfan, M. (2014). Isolasi dan enumerasi bakteri tanah gambut di Perkebunan Kelapa Sawit PT. Tambang Hijau Kecamatan Tambang Kabupaten Kampar. *Jurnal Agroteknologi*, 5(1), 1–8.
- Irwan, F., & Afdal. (2016). Analisis Hubungan Konduktivitas Listrik dengan Total Dissolved Solid (TDS) dan Temperatur pada Beberapa Jenis Air. *Jurnal Fisika Unand*, 5(1), 85–93.
- Komarawidjaja, W., & Garno, Y. S. (2016). Peran Rumput Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) dalam Fitoremediasi Pencemaran Perairan Sungai Role of Vetiver Grass (*Chrysopogon zizanioides*) in Phytoremediation of Contaminated River Waters. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 17(1), 7–14.
- Lodewyckx, C., Vangronsveld, J., Porteous, F., Moore, E. R. B., Taghavi, S., Mezgeay, M., & der Lelie, D. van. (2002). Endophytic Bacteria and Their Potential Applications. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 21(6), 583–606.
- Madigan, M. T., Martinko, J. M., Stahl, D. A., & Clark, D. P. (2012). Brock Biology of Microorganisms. In *Benjamin Cummings* (13 th, Vols. s3-XII, Issue 310). Benjamin Cummings.
- Melani, A., Andre, & Rifdah. (2017). Kajian Pengaruh Waktu dan Ukuran Lempengan Terhadap Limbah Cair Industri Kain Tenun Songket Dengan Metode Elektrokoagulasi. *Distilasi*, 2(1), 23–34.
- Mudatsir. (2007). Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Kehidupan Mikroba Dalam Air. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*, 7(1), 23–29.
- Nurhidayati, S., Faturrahman, & Ghazali, M. (2015). Deteksi Bakteri Patogen yang Berasosiasi dengan *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Bergejala Penyakit Ice-Ice. *Jurnal Sains Teknologi Dan Lingkungan*, 1(2), 24–30.
- Pambudi, I. N. (2020). *Perubahan parameter fisika pada proses biodegradasi limbah tenun oleh bakteri endofit*. Universitas Islam Indonesia.

- Prasetya, Y. K. (2019). *Unjuk kerja reaktor continuous wetland menggunakan tanaman Vetivera zizanioides dan bakteri terhadap konsentrasi total plate count (TPC) dari limbah minyak industri x Yogyakarta*. Universitas Islam Indonesia.
- Rofifah, K., & Titah, H. S. (2018). Pengolahan Air Limbah Tekstil Menggunakan Tanaman Tanaman Air dan Bioaugmentasi Bakteri. *Jurnal Purifikasi*, 18(1), 29–38.
- Ryan, R. P., Germaine, K., Franks, A., Ryan, D. J., & Dowling, D. N. (2008). *Bacterial endophytes : recent developments and applications*. 278, 1–9.
- Sa'adah, N. N. (2020). *Pengolahan limbah cair tenun dengan sistem floating treatment wetland menggunakan kombinasi tanaman vetiver dan bakteri endofit*. Universitas Islam Indonesia.
- Sarayu, K., & Sandhya, S. (2012). Current Technologies for Biological Treatment of Textile Wastewater – A Review. *Appl Biochem Biotechnol*, 167, 645–661.
- Shahid, M. J., AL-surhane, A. A., Kouadri, F., Ali, S., Nawaz, N., Afzal, M., Rizwan, M., Ali, B., & Soliman, M. H. (2020). Role of microorganisms in the remediation of wastewater in floating treatment wetlands: A review. *Sustainability*, 12, 1–29.
- Shehzadi, M, Fatima, K., Imran, A., Mirza, M. S., Khan, Q. M., & Afzal, M. (2016). Ecology of bacterial endophytes associated with wetland plants growing in textile effluent for pollutant-degradation and plant growth-promotion potentials. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 150(6), 1261–1270.
- Shehzadi, Maryam, Afzal, M., Khan, M. U., Islam, E., Mobin, A., Anwar, S., & Khan, Q. M. (2014). Enhanced degradation of textile effluent in constructed wetland system using Typha domingensis and textile effluent-degrading endophytic bacteria. *Water Research*, 58, 152–159.
- Sousa, A. M., Machado, I., & Pereira, M. O. (2011). Phenotypic switching : an opportunity to bacteria thrive. *Science Against Microbial Pathogens: Communicating Current Research and Technological Advances*, 252–262.
- Tambunan, J. A. M., Effendi, H., & Krisanti, M. (2018). Phytoremediating Batik Wastewater Using Vetiver Chrysopogon zizanioides (L). *Pol. J. Environ. Stud*, 27(3), 1281–1288.
- Tara, N., Arslan, M., Hussain, Z., Iqbal, M., Mahmood, Q., & Afzal, M. (2019). On-site 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.
- Wei, F., Shahid, M. J., Alnusairi, G. S. H., Afzal, M., Khan, A., El-esawi, M. A., Abbas, Z., Wei, K., Zaheer, I. E., Rizwan, M., & Ali, S. (2020). Implementation of Floating Treatment Wetlands for Textile Wastewater

Management : A Review. *Sustainability*, 12, 1–29.





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

الجامعة الإسلامية
الاستدراكية
الاندونيسية

LAMPIRAN

Lampiran 1 Nilai Hasil Uji OD

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

Lampiran 2 Hasil Perhitungan Bakteri

Kode Sampel	CFU/mL			
	0	11	18	25
Kontrol-2	0	1,6 x10 ⁶	2,1 x10 ⁵	4,8 x10 ⁵
Kontrol-1	0	1,2 x10 ⁵	4,4 x10 ⁶	6,5 x10 ⁶
Ra1	3,6 x10 ⁴	7,4 x10 ⁶	1,1 x10 ⁶	4,0 x10 ⁵
Ra2	1,2 x10 ⁶	1,7 x10 ⁶	7,4 x10 ⁴	2,4 x10 ⁵
Ra3	3,0 x10 ⁵	2,2 x10 ⁵	1,1 x10 ⁶	2,1 x10 ⁶
Ra4	4,5 x10 ⁵	6,3 x10 ⁵	1,4 x10 ⁵	3,9 x10 ⁵
Ra5	1,2 x10 ⁵	1,4 x10 ⁶	4,0 x10 ⁴	6,7 x10 ⁴
Ra6	9,2 x10 ⁴	1,1 x10 ⁵	2,5 x10 ⁵	1,4 x10 ⁶
Ra7	5,2 x10 ⁵	2,0 x10 ⁵	4,6 x10 ⁵	6,8 x10 ⁵
Ra8	3,6 x10 ⁵	1,5 x10 ⁶	1,4 x10 ⁶	5,8 x10 ⁵
Rb1	2,0 x10 ⁶	1,4 x10 ⁵	1,2 x10 ⁷	1,2 x10 ⁶
Rb2	4,4 x10 ⁴	2,5 x10 ⁶	1,4 x10 ⁶	7,0 x10 ⁵

Lampiran 3 Hasil Pengukuran pH

Hari	pH													
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	10,66	8,45
4	10,43	10,45	10,53	10,54	10,28	10,25	10,48	10,39	10,46	10,47	10,44	10,56	8,81	
6	10,03	9,1	10,06	9,89	10,11	10,03	10,29	10,07	9,64	10,09	10,23	10,23	7,44	
7	6,605	6,607	6,607	6,609	6,605	6,6	6,609	6,604	6,607	6,609	6,609	6,603	6,609	
8	5,38	5,36	5,41	5,4	5,39	5,4	5,41	5,42	5,41	5,4	5,4	5,37	5,32	
9	5,5	5,5	5,51	5,52	5,49	5,51	5,5	5,44	5,43	5,43	5,49	5,45	5,28	
10	5,42	5,42	5,43	5,48	5,4	5,44	5,43	5,43	5,42	5,44	5,44	5,42	5,27	
11	5,44	5,42	5,43	5,42	5,41	5,43	5,43	5,43	5,42	5,42	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	5,43	5,44	5,45	5,4	
13	5,47	5,47	5,49	5,48	5,44	5,49	5,48	5,48	5,47	5,49	5,46	5,46	5,23	
14	5,52	5,48	5,46	5,47	5,43	5,47	5,46	5,47	5,46	5,46	5,49	5,48	5,37	
15	5,47	5,47	5,48	5,48	5,44	5,48	5,48	5,49	5,48	5,48	5,51	5,51	5,39	
16	5,49	5,5	5,51	5,52	5,48	5,52	5,51	5,51	5,49	5,45	5,54	5,53	5,38	
17	5,51	5,51	5,54	5,54	5,5	5,54	5,54	5,56	5,56	5,58	5,56	5,55	5,4	
18	5,51	5,5	5,52	5,55	5,5	5,56	5,55	5,56	5,55	5,56	5,61	5,59	5,43	
19	5,52	5,54	5,55	5,57	5,35	5,56	5,56	5,58	5,57	5,61	5,58	5,6	5,38	
20	7,402	7,355	7,357	7,378	7,377	7,378	7,397	7,388	7,375	7,378	7,384	7,39	7,395	
21	7,446	7,344	7,357	7,35	7,375	7,38	7,384	7,385	7,394	7,398	7,409	7,415	7,408	
22	7,088	7,022	7,064	7,08	7,053	7,08	7,062	7,093	7,107	7,124	7,145	7,158	7,024	
23	6,73	6,7	6,77	6,81	6,73	6,78	6,74	6,8	6,82	6,85	6,88	6,9	6,64	
24	6,84	6,86	6,87	6,9	6,85	6,89	6,87	6,9	6,9	6,9	6,97	6,94	6,81	
25	7,531	7,737	8,139	8,823	8,051	8,378	8,14	8,531	8,622	8,983	9,45	8,965	7,926	

Lampiran 4 Hasil Pengukuran EC

Hari	EC (mS/cm)													
	Ra1	Ra2	Ra3	Ra4	Ra5	Ra6	Ra7	Ra8	Rb1	Rb2	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	9,67	9,67	0,04
4	9,53	10,1	9,84	10,79	9,6	9,91	10,04	10,3	9,99	9,79	9,79	9,01	0,045	
6	9,38	9,66	9,84	10,54	9,34	9,85	9,77	9,77	9,77	9,6	9,66	10,17	0,048	
7	9,55	9,79	9,82	10,48	9,21	9,84	9,83	9,75	9,67	9,65	9,72	10,26	0,043	
8	10,51	10,9	10,37	11,74	10,76	11,2	10,25	10,72	10,98	10,76	10,98	11,7	0,042	
9	10,37	10,58	10,65	11,37	10,08	10,58	10,72	10,54	10,42	10,01	10,28	11,4	0,041	
10	10,04	10,37	10,38	11,41	10,4	10,22	10,14	10,25	10,12	10,22	11,13	10	0,05	
11	10	10,28	10,47	11,19	10,13	10,53	10,74	10,48	10,39	10,27	11,38	10,29	0,051	
12	10,05	10,39	10,49	11,65	10,54	11,34	10,54	10,32	10,96	11,05	11,37	11,16	0,053	
13	10,81	11,17	11,3	11,5	10,43	11,34	10,79	10,14	10,28	10,64	10,37	10,81	0,053	
14	10,21	10,77	10,63	10,55	10,8	10,94	11,31	10,44	11,05	10,17	11,64	10,64	0,065	
15	10,21	10,53	10,41	11,38	10,21	10,59	10,43	10,49	10,34	10,13	11,87	10,26	0,59	
16	10,31	10,5	10,35	11,21	10,03	10,45	10,42	10,31	10,18	10,05	10	11,71	0,058	
17	10,54	10,72	10,52	11,42	10,27	10,66	10,46	10,59	10,53	10,65	12,06	10,21	0,06	
18	10,23	10,39	10,25	11,27	10,26	10,44	10,59	10,38	10,4	10,34	12,2	10,27	0,059	
19	10,88	10,95	10,79	11,56	10,53	10,88	10,92	10,75	10,03	10,53	10,67	12,52	0,064	
20	9,84	9,68	9,44	8,52	9,53	9,67	9,73	9,58	9,48	9,64	11,15	9,43	0,06	
21	9,31	9,9	9,55	9,6	9,54	9,63	9,75	9,56	9,5	9,66	9,36	11,21	0,06	
22	10,4	10,6	10,17	11,14	10,35	10,49	10,75	10,12	10,47	10,65	12,59	10,47	0,62	
23	10,81	10,99	10,56	11,43	10,57	10,64	10,76	10,62	10,46	10,51	10,26	12,73	0,064	
24	10,78	10,86	10,41	11,24	10,47	10,46	10,62	10,38	10,29	10,28	12,73	10,14	0,082	
25	9,98	10,13	9,73	10,33	9,74	9,75	9,88	9,67	9,61	9,65	11,62	9,4	0,078	

Lampiran 5 Hasil Pengukuran Suhu Air Limbah

Hari	Suhu Air Limbah												
	Ra1	Ra2	Ra3	Ra4	Ra5	Ra6	Ra7	Ra8	Rb1	Rb2	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	28,6	27,4
4	26,1	26,1	26,9	26,1	26,1	25,5	26,8	25,5	25,2	26,7	26	27,2	27,1
6	25,6	25,3	25,7	25,3	25,6	25,5	26,1	25,5	25,7	25,4	25,4	25,8	25,4
7	25,5	25,5	25,5	25,3	26,2	25,6	25,4	25,8	25,4	25,5	25,4	25,5	25,5
8	26,1	25,5	25	25	24,9	25	25	25,2	25,2	25,2	25,5	25,5	25,5
9	26,5	26,2	26,4	26,4	26,4	26,6	26,6	26,8	26,8	27,7	26,2	25,6	26,2
10	26,7	26,8	27	26,6	27,2	27,8	27,8	27,7	27,5	27,7	28,6	27,3	28
11	25,6	25,3	24,8	24,9	24,7	25	24,9	25,2	25,2	25,2	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	25,8	25,7
13	25,5	24,9	24,9	24,7	24,7	24,8	24,6	24,7	24,8	24,8	24,5	24,6	24,6
14	26	25,7	25,7	25,5	25,1	25	24,9	24,9	24,8	24,7	24,6	24,7	24,6
15	26,5	26,5	26,4	26,2	26,1	26	26	26,1	26,1	26,1	25,9	25,7	25,7
16	24,5	24,6	24,7	24,8	24,9	24,7	24,9	24,8	24,9	25	24,8	24,8	24
17	25,9	25,8	25,8	25,7	25,8	25,7	25,7	25,6	25,5	25,2	26	26	25,9
18	27,7	26,9	26,5	26,2	26	26	25,9	26	26	26	26	26,1	26,1
19	27,3	27,4	27,3	27,1	27,4	27,1	27,1	27,2	27,2	27,2	27,4	27,5	27,4
20	26,6	26,2	25,8	25,7	25,7	25,7	25,8	25,8	25,8	25,9	26,3	26,3	26,4
21	27,8	27	26,8	26,6	26,3	26,2	26,2	26,2	26,3	26,3	26,7	26,7	26,8
22	28,3	28,5	26,9	26,6	26,5	26	25,5	25,7	25,7	25,7	25,5	25,4	25,1
23	26,3	26	26,9	25,7	25,6	25,5	25,5	25,4	25,4	25,4	25,3	25,3	25,3
24	25,6	25,5	25,3	25,2	25,1	25,1	25,1	25,1	25,1	25,5	25	25	25
25	24,8	24,9	24,7	25,1	24,8	24,9	25,1	25	25	25,2	25,5	25,4	25,4





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jebus, 11 Maret 2000. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Ichsan Saufani dan Ibu Rusnani. Penulis menempuh pendidikan menengah di MTs Plus Bahrul Ulum Sungailiat (2011-2014) dan SMA Negeri 1 Muntok (2014-2017). Penulis kemudian melanjutkan pendidikan di Program Studi Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia pada tahun 2017. Untuk menyelesaikan studi Pendidikan Strata 1 (S1) di Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia, penulis melakukan penelitian dengan judul “Identifikasi Pengaruh Bakteri Endofit Terhadap Performa Wetland Untuk Pengolahan Limbah Tenun”.

