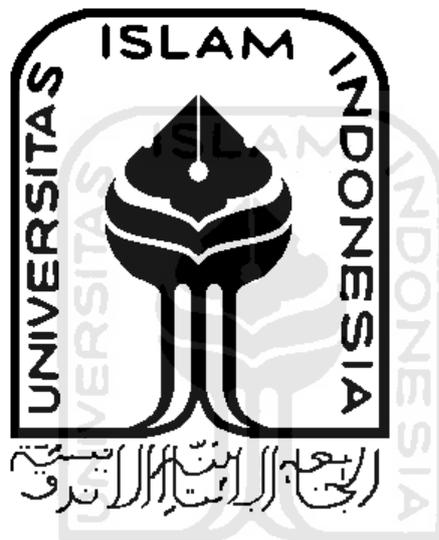


TA/TL/2020/1237

**LAPORAN TUGAS AKHIR**  
**EFEKTIVITAS BAKTERI ENDOFIT DALAM**  
**MEREDUKSI ZAT WARNA PADA LIMBAH TENUN**

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



**MUHAMMAD AKBAR ARDHIANSYAH**  
**16513004**

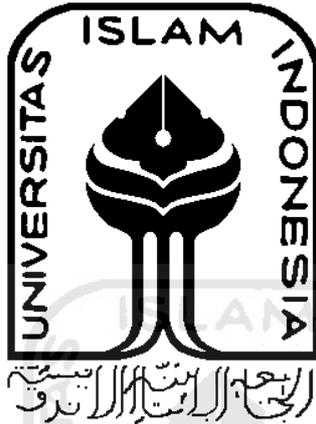
**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA**  
**YOGYAKARTA**  
**2019**



## TUGAS AKHIR

# EFEKTIVITAS BAKTERI ENDOFIT DALAM MEREDUKSI ZAT WARNA PADA LIMBAH TENUN

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



Disusun Oleh :

**MUHAMMAD AKBAR ARDHIANSYAH**  
16513004

Disetujui,  
Dosen Pembimbing:

**Dr. Joni Aldilla Fajri , S.T., M.Eng**  
NIK : 165131306  
Tanggal:

**Dewi Wulandari , S.T., M.Agr ., Ph.D**  
NIK : 185130401  
Tanggal:

Mengetahui,  
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII



**Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D.**  
NIK : 025100406  
Tanggal : 16 November 2020



**HALAMAN PENGESAHAN**

**EFEKTIVITAS BAKTERI ENDOFIT DALAM MEREDUKSI ZAT  
WARNA PADA LIMBAH TENUN**

**Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji**

**Hari : Senin**

**Tanggal : 16 November 2020**

**Disusun Oleh:**

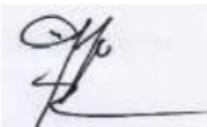
**MUHAMMAD AKBAR ARDHIANSYAH  
16513004**

**Tim Penguji :**

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

(  )

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

(  )

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

(  )



## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Program *software* komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggungjawab saya, bukan tanggungjawab Universitas Islam Indonesia.
5. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 20 Juli 2020

Yang membuat pernyataan,



**Muhammad Akbar Ardhiansyah**

NIM: 16513004



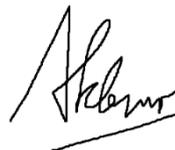
## PRAKATA

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 Februari 2020 ini ialah **Efektivitas Bakteri Endofit dalam Mereduksi Zat Warna pada Limbah Tenun**. Skripsi ini disusun dalam rangka penyelesaian program sarjana Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapat semangat, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini perkenankan penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Allah SWT yang selalu memberikan nikmat kesehatan, kekuatan, dan kemampuan dalam menyelesaikan tugas akhir ini,
2. Bapak Dr. Joni Aldilla Fajri, S.T., M.Eng. selaku pembimbing 1, serta Ibu Dewi Wulandari, S.Hut., M.Agr., Ph.D. selaku pembimbing 2 yang telah banyak memberi saran, masukan, dan bimbingan selama pelaksanaan penelitian dan penulisan tugas akhir ini,
3. Ayah, Ibu, dan Kakak tercinta Teguh Wiyono, Wahyuningsih, dan Ardisya Rucita serta seluruh keluarga yang selalu memberikan dukungan baik moril dan materiil sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan,
4. Teman kelompok tugas akhir (Afaf, Irfan, Itsna, Mail, Roi, Shonia dan Zakia) yang berjuang bersama dan saling membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini,
5. Penghuni kontrakan Pak Trubus (Agah, Aggi, dan Zehan) yang senantiasa menghibur dan menyemangati selama proses penyelesaian tugas akhir ini,
6. Anggota squad Re:Cycle (Ariq, Fika, Kya dan Rayhandi) yang telah menemani hari-hari penulisan dengan bermain *Mobile Legends* bersama,
7. *Staff* Laboratorium Teknik Lingkungan yang telah membantu proses penelitian tugas akhir ini.

Yogyakarta, 20 Juli TA



*Muhammad Akbar Ardhiansyah*

*“Halaman ini sengaja dokoongkan”*



## ABSTRAK

MUHAMMAD AKBAR ARDHIANSYAH. Efektivitas Bakteri Endofit dalam Mereduksi Zat Warna pada Limbah Tenun. Dibimbing oleh Dr.JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng. dan DEWI WULANDARI, S.Hut., M.Agr., Ph.D.

Desa Troso, Kecamatan Pecangaan, Kabupaten Jepara merupakan sentra penghasil tenun ikat. Seiring berjalannya waktu, produksi tenun ikat kian mengalami peningkatan. Penggunaan pewarna sintetis dalam proses pembuatan tenun ikat dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terutama pada badan air. Pewarna azo yang digunakan oleh pengrajin termasuk jenis zat warna yang memiliki potensi pencemaran tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi bakteri endofit dalam mereduksi zat warna pada limbah tenun di Desa Troso. Terdapat enam isolat bakteri endofit yang digunakan dalam penelitian ini, isolat bakteri NAR2A1, NAR4A1, NAR1B2, NAR2C2(1), NAR2C2(2), dan NAR4A2(2) berasal dari akar tanaman yang terkontaminasi limbah tenun Troso. Keenam isolat bakteri diujikan pada konsentrasi limbah 25%, 50%, 75%, dan 100%. Daya dekolonisasi terbaik diperoleh pada pengujian 25% oleh isolat NAR4A2(2) dengan removal 50,36% selama tujuh hari pengujian.

Kata kunci: Bakteri Endofit, Limbah Tenun, Reduksi Zat Warna

## ABSTRACT

MUHAMMAD AKBAR ARDHIANSYAH. *Effectiveness of Endophyte Bacteria at Reducing Dyes in Weaving Waste. Supervised by Dr.JONI ALDILLA FAJRI, S.T., M.Eng. and DEWI WULANDARI, S.Hut., M.Agr., Ph.D.*

*Troso Village, Pecangaan Subdistrict, Jepara Regency is a center that produces ikat. Over time, the production of weaving has increased. The use of synthetic dyes in the process of making ikat can cause environmental pollution, especially in water bodies. Azo dyes used by artisans include types of dyes that have high pollution potential. This study aims to determine the potential of endophytic bacteria in reducing dyes in weaving waste in Troso Village. There are six endophytic bacterial isolates used in this study, NAR2A1, NAR4A1, NAR1B2, NAR2C2(1), NAR2C2(2), and NAR4A2(2) bacterial isolates from plant roots contaminated with Troso woven waste. The six bacterial isolates were tested at 25%, 50%, 75%, and 100% waste concentration. The best decolorization power was obtained by testing 25% by NAR4A2(2) isolates with 50.36% removal for seven days of testing.*

*Keywords: Dye Reduction, Endophyte Bacteria, Woven Waste*

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Rumusan Masalah.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Tujuan Penelitian.....</b>	<b>2</b>
<b>1.4 Manfaat Penelitian.....</b>	<b>2</b>
<b>1.5 Ruang Lingkup Penelitian.....</b>	<b>2</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Limbah Cair Tekstil.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Bakteri Endofit.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Isolasi Bakteri.....</b>	<b>5</b>
<b>2.4 Inokulasi Bakteri.....</b>	<b>6</b>
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian.....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 Sampling Air Limbah.....</b>	<b>8</b>
<b>3.3 Identifikasi Bakteri.....</b>	<b>8</b>
<b>3.4 Kultivasi Bakteri Endofit.....</b>	<b>8</b>
<b>3.4 Pembuatan Reaktor Skala Laboratorium.....</b>	<b>11</b>
<b>3.5 Inokulasi Isolat Pada Reaktor.....</b>	<b>11</b>
<b>3.6 Pengujian Karakteristik Limbah.....</b>	<b>12</b>
<b>3.7 Analisis Data.....</b>	<b>13</b>
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>15</b>
<b>4.1 Identifikasi Bakteri Endofit.....</b>	<b>15</b>
<b>4.2 Kemampuan Penurunan Zat Warna.....</b>	<b>18</b>
<b>4.3 Pengaruh Variasi Beban Limbah terhadap Kinerja Bakteri.....</b>	<b>28</b>
<b>BAB V KESIMPULAN.....</b>	<b>30</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>32</b>

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR TABEL

Tabel 1 Jadwal Pengujian Parameter dan Sampling.....	12
Tabel 2 Hasil Identifikasi Bakteri Endofit.....	15
Tabel 3 Hasil Identifikasi Bakteri Endofit.....	16
Tabel 4 Efisiensi <i>Removal</i> Bakteri Endofit .....	28
Tabel 5 Nilai OD Bakteri Uji .....	29



*“Halaman ini sengaja d kosongkan”*



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Diagram Alir Perencanaan.....	7
Gambar 2 Sampel Air Limbah.....	8
Gambar 3 Tahapan Isolasi Bakteri .....	9
Gambar 4 Media NB berisi isolat bakteri.....	10
Gambar 5 Tahapan Kulturasasi Bakteri .....	10
Gambar 6 Proses <i>Waterbath</i> Bakteri .....	11
Gambar 7 Tahapan Inokulasi Bakteri.....	12
Gambar 8 Pengujian Bakteri pada Konsentrasi 25%.....	18
Gambar 9 Pengujian Bakteri pada Konsentrasi 50%.....	19
Gambar 10 Pengujian Bakteri pada Konsentrasi 75%.....	20
Gambar 11 Pengujian Bakteri pada Konsentrasi 100%.....	22
Gambar 12 Efisiensi <i>Removal</i> pada Konsentrasi 25% .....	24
Gambar 13 Efisiensi <i>Removal</i> pada Konsentrasi 50% .....	25
Gambar 14 Efisiensi <i>Removal</i> pada Konsentrasi 75% .....	26
Gambar 15 Efisiensi <i>Removal</i> pada Konsentrasi 100% .....	27



*“Halaman ini sengaja d kosongkan”*



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Kalibrasi Larutan Standar Warna .....	34
Lampiran 2 Hasil PerhitunganWarna pada Konsentrasi Limbah 25% .....	35
Lampiran 3 Hasil PerhitunganWarna pada Konsentrasi Limbah 50% .....	36
Lampiran 4 Hasil PerhitunganWarna pada Konsentrasi Limbah 75% .....	37
Lampiran 5 Hasil PerhitunganWarna pada Konsentrasi Limbah 100% .....	38
Lampiran 6 Dokumentasi Sampling .....	39



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pewarna dalam industri tekstil merupakan salah satu polutan yang paling berbahaya bagi badan air karena sifatnya yang karsinogenik, mutagenik, alergi, dan genotoksik. Teknologi physico-chemical dan biologi yang tersedia untuk menghilangkan pewarna sangat mahal dan menimbulkan polusi sekunder karena menyebabkan pembentukan lumpur. Selain itu, pemantauan menjadi sulit ketika melakukan *treatment in-situ* polutan bersangkutan. (Kivaisi, 2002). Menurut Tesar et al., (2002), Kombinasi dari tanaman dan mikroba lebih efektif dalam mendegradasi limbah oli *diesel* dibandingkan menggunakan tanaman saja atau mikroba saja.

Industri tenun di desa Troso, kecamatan Pecangaan, kabupaten Jepara merupakan industri yang produktif dan menghasilkan produk setiap hari. Menurut Disperindag kabupaten Jepara tahun 2017, tenaga kerja dalam industri tenun ikat berjumlah 11.332 pekerja dan volume produksi yang dihasilkan sebesar 37.322.128 meter. Zat warna yang dipakai adalah zat warna sintetik yang memiliki senyawa kompleks dan sulit terurai di lingkungan. Limbah cair dari industri tekstil Troso memiliki beberapa parameter yang melebihi ambang batas baku mutu yang ditetapkan. Parameter tersebut antara lain zat padat tersuspensi (TSS), BOD, COD, dan fenol. Sementara untuk parameter total kromium dan pH masih berada dibawah ambang batas baku mutu. (Nuha, 2016)

Menurut Sullia (2000), bioremediasi adalah teknologi kontrol polusi yang menggunakan sistem biologi untuk mengkatalisis degradasi atau transformasi dari banyak jenis bahan kimia toksik untuk dihilangkan bentuk kerugiannya. Bioremediasi sama artinya dengan menggunakan sistem biologi untuk degradasi komponen toksik di dalam lingkungan. Penggunaan bakteri dalam pengolahan limbah cair secara efisien dapat menyerap logam - logam berat dan radionuklida dari lingkungannya (Gadd, 1992).

Dalam penelitian yang dilakukan oleh Sastrawidana, (2008) tentang Pengolahan Limbah Tekstil Sistem Kombinasi Anaerobik-Aerobik Menggunakan Biofilm Bakteri Konsorsium dari Lumpur Limbah Tekstil diperoleh hasil pengolahan limbah dengan sistem kombinasi anaerobik-aerobik menghasilkan efisiensi penurunan warna sebesar 96,94%, penurunan TDS sebesar 75,73%, TSS sebesar 68,03%, dan penurunan BOD dan COD hingga 94% dan 98%. Dalam penelitian lain yang dilakukan oleh Mirbolooki,(2017) tentang *treatment* limbah tekstil dengan *activated sludge microorganism*, disebutkan bahwa *activated sludge* mampu mereduksi salinitas dan warna *Brilliat Blue* pada air limbah tekstil sebesar 60%.

Dari uraian diatas, pengolahan air limbah tekstil dengan bantuan mikroorganisme merupakan teknik yang efektif dalam mereduksi warna dan parameter lain seperti COD dan BOD dalam air limbah. Selain itu metode pengolahan dengan menggunakan mikroorganisme jauh lebih murah dibandingkan menggunakan metode fisika atau kimia.

Dengan berkembangnya industri tenun di indonesia, peneliti berharap dapat menemukan sebuah metode yang murah dan efisien dalam mendegradasi zat warna pada limbah tenun. Dibandingkan dengan berbagai penelitian sebelumnya, penelitian ini berfokus pada metode yang murah dan efisien. Dengan melihat berbagai penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, peneliti percaya bahwa metode yang sama dapat diaplikasikan di industri tenun yang tersebar di indonesia.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan dari latar belakang tersebut, maka rumusan masalah yang didapat yaitu :

1. Bagaimana metode yang digunakan untuk menentukan isolat bakteri endofit yang dapat mereduksi zat warna dalam limbah tenun Troso?
2. Bagaimana efektivitas bakteri endofit dalam mereduksi zat warna dalam limbah tenun Troso?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut:

1. Menentukan isolat bakteri endofit yang dapat mereduksi zat warna dalam limbah tenun Troso.
2. Menguji Efektivitas bakteri endofit dalam mereduksi zat warna dalam limbah tenun Troso.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Sebagai studi literatur tentang efisiensi degradasi zat warna limbah tenun dengan bantuan bakteri endofit.
2. Sebagai referensi untuk menentukan alternatif pengolahan limbah cair tenun yang sederhana dan ekonomis pada industri tenun Troso sehingga pencemaran lingkungan dapat dikendalikan.

## **1.5 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian ini yaitu:

1. Isolasi bakteri endofit dari tanaman terkontaminasi limbah tenun Troso
2. Pengolahan limbah menggunakan reaktor skala laboratorium.
3. Pengujian parameter fisika berupa DHL, TDS, suhu, dan pH.
4. Pengujian parameter sampling antara lain COD, TSS, kandungan logam dan warna.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Limbah Cair Tekstil**

Purnamasari (2001) menyatakan, secara garis besar zat yang terkandung dalam limbah cair adalah 99,9% air dan 0,1% padatan. Komponen kimia yang terkandung dalam limbah cair tekstil yaitu zat warna (dye stuff), sisa pewarnaan dan sisa pencucian (Atmaji et al., 1999). Wisnuprpto et al. (1999) menyatakan, penggunaan zat warna azo dalam proses pewarnaan akan tertinggal sebanyak 60% sebagai limbah. Secara fisik air limbah tekstil tampak keruh, dan berwarna (Widyantoro et al., 2000). Wasiyanto (2004) menyampaikan, pencemaran lingkungan oleh limbah cair tenun Trosro dapat dilihat dari berubahnya warna air sungai sesuai dengan warna limbah cair yang dibuang khususnya pada daerah pertemuan antara saluran pembuangan dengan aliran sungai. Zat-zat yang terkandung dalam limbah tekstil yang dibuang langsung ke perairan akan bersifat toksik maupun akumulatif terhadap tubuh biota air melalui proses biologis (Varadarajan et al., 2014; Moraes et al., 2015).

Karakteristik air limbah tekstil adalah mempunyai intensitas warna berkisar 50-2500 skala Pt-Co, nilai COD 150-12000 mg/L dan nilai BOD mencapai 80- 6000 mg/L (Azbar, 2004). Tingginya intensitas warna pada air limbah tekstil disebabkan karena sekitar 40% dari zat warna reaktif azo yang digunakan dalam proses pencelupan kain terbuang sebagai limbah sedangkan kandungan bahan organik sangat tinggi terkait dengan bahan-bahan yang digunakan dalam proses tekstil seperti enzim, detergen, zat warna dan bahan-bahan tambahan lainnya. Parameter COD dan BOD yang dimiliki air limbah tekstil jauh di atas baku mutu jika ditinjau dari KepMen LH No.51/MENLH/10/1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri yaitu 100-300 mg/L untuk COD dan 50-150 mg/L untuk BOD. Untuk itu, air limbah industri tekstil harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan (Sastrawidana,2008).

#### **2.2 Bakteri Endofit**

Bakteri endofit merupakan bakteri saprofit yang hidup dan berasosiasi dengan jaringan tanaman tanpa menimbulkan suatu gejala penyakit pada tanaman tersebut. Dilaporkan bahwa keberadaan bakteri-bakteri endofit di dalam jaringan tanaman selain berperan dalam perbaikan pertumbuhan tanaman (plant growth promotion), juga karena kemampuannya menghasilkan zat pemacu tumbuh, memfiksasi nitrogen, memobilisasi fosfat, dan juga berperan dalam kesehatan tanaman (plant health promotion). Bakteri endofit diduga mampu meningkatkan sistem pertahanan tanaman terhadap gangguan penyakit tanaman karena kemampuannya untuk memproduksi senyawa antimikrob, enzim, asam salisilat, etilena dan senyawa sekunder lainnya yang berperan menginduksi ketahanan tanaman (Backman dan Sikora 2008).

Begitu berada di dalam jaringan tanaman, bakteri endofit tetap terlokalisasi dalam jaringan tanaman tertentu, seperti korteks akar, atau menjajah sistem tanaman dengan transportasi atau migrasi aktif melalui elemen penghantar atau apoplast (Hurek et al., 1994; James et al., 1994; Mahaffee et al., 1997; Quadt-Hallmann et al., 1997, Patriquin dan Döbereinner, 1978). Mekanisme distribusi yang berbeda mungkin disebabkan oleh interaksi dengan bakteri lain atau dengan persyaratan berbeda dari masing-masing mikroorganisme yang memungkinkannya mendiami ceruk yang berbeda, diwakili oleh

jaringan dan, lebih khusus, oleh ruang interselular di dalam setiap jaringan (Di Fiori dan Del Gallo, 1995).

### 2.3 Isolasi Bakteri

Isolasi bakteri adalah suatu proses memisahkan suatu bakteri dari habitatnya/lingkungannya di alam dan menumbuhkannya sebagai biakan murni dalam medium buatan. Sebelum isolasi dilakukan perlu diketahui cara-cara menanam dan menumbuhkan bakteri pada medium biakan tertentu yang sesuai dengan jenisnya serta syarat-syarat lain untuk pertumbuhannya (Jutono, 1980).

Berdasarkan Stolp dan Starr (1981), ada beberapa teknik isolasi mikrobial, yaitu :

1. *Spread plate* (agar tabur ulas)

*Spread plate* adalah teknik menanam dengan menyebarkan suspensi bakteri di permukaan agar, agar diperoleh kultur murni.

2. *Pour plate* (agar tuang)

*Teknik* ini memerlukan agar yang belum padat dan dituang bersama suspensi bakteri ke dalam cawan petri dan dihomogenkan lalu dibiarkan memadat.

3. Teknik Penanaman *dengan Goresan (Streak)*

Bertujuan untuk mengisolasi mikroorganisme dari campurannya atau meremajakan kultur ke dalam medium baru.

4. Goresan Sinambung

Goresan sinambung umumnya digunakan bukan untuk mendapatkan koloni tunggal, melainkan untuk peremajaan ke cawan atau medium baru.

5. Goresan T

Prosedur kerjanya adalah petridish dibagi menjadi 3 bagian menggunakan spidol dan daerah tersebut diinokulasi dengan streak zig-zag. Ose dipanaskan dan didinginkan, lalu distreak zig-zag pada daerah berikutnya.

6. Goresan Kuadran (*Streak quadrant*)

Hampir sama dengan goresan T, namun berpola goresan yang berbeda yaitu dibagi empat. Daerah 1 merupakan goresan awal sehingga masih mengandung banyak sel mikroorganisma. Goresan selanjutnya dipotongkan atau disilangkan dari goresan pertama sehingga jumlah semakin sedikit dan akhirnya terpisah-pisah menjadi koloni tunggal.

## 2.4 Inokulasi Bakteri

Menurut Shehzadi (2014), setelah diinokulasi ke lingkungan, populasi bakteri bergantung pada suplai nutrisi, interaksi dengan inang, pH, suhu dan kondisi lingkungan. Bakteri memanfaatkan bahan kimia beracun dan kompleks sebagai sumber energi dengan mengubahnya menjadi senyawa yang tidak mudah beracun. Proses ini membantu mereka untuk mempertahankan pertumbuhan mereka dalam kondisi yang tidak menguntungkan.

Bakteri yang diinokulasi dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karena berbagai aktivitas yang mendukung pertumbuhan tanaman, seperti produksi siderophores, asam asetat indol, dan asam deaminase. *Strain* bakteri yang digunakan dalam penyelidikan saat ini, selain mendukung pertumbuhan yang disebutkan di atas juga memiliki gen alkana hidroksilase, yang membantu menurunkan kontaminan hidrokarbon. (Fatima, 2016).

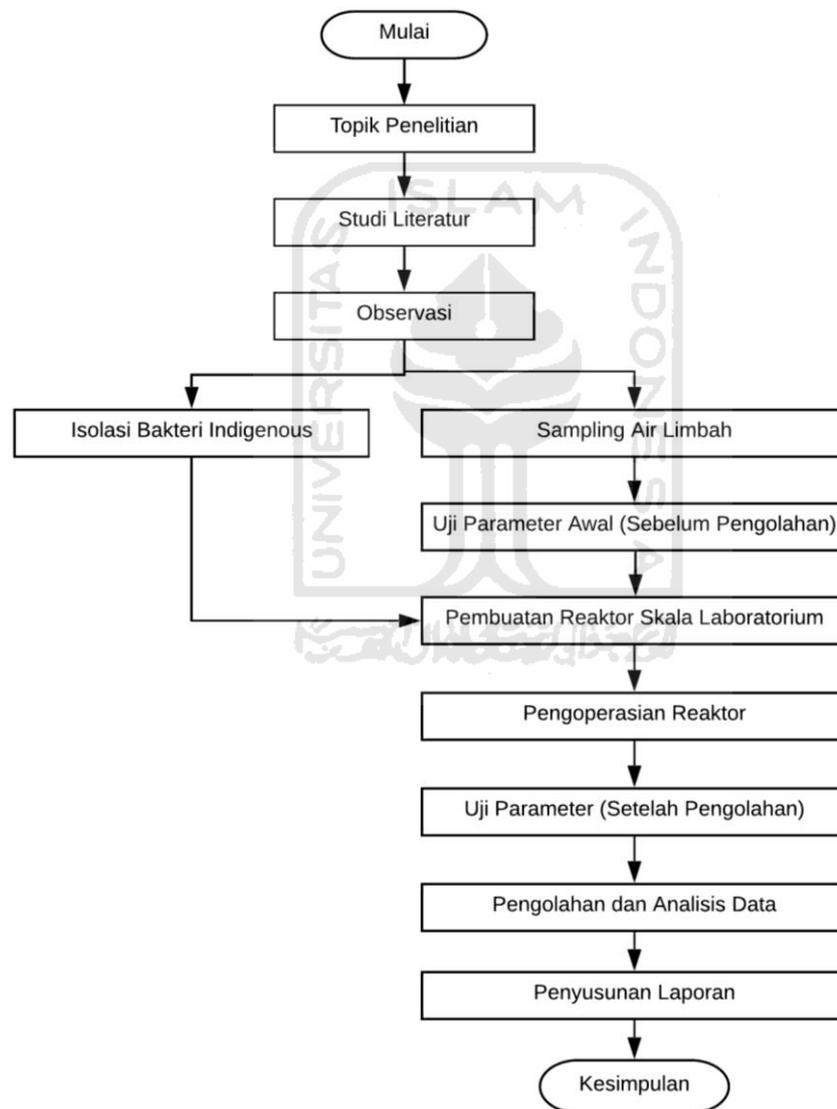


## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada rentang waktu November 2019 hingga Februari 2020. Tempat penelitian secara keseluruhan dilakukan di Laboratorium Kualitas Lingkungan, Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Secara umum alur tahapan kegiatan yang akan dilakukan dapat dilihat pada Gambar 3.1.



**Gambar 1** Diagram Alir Perencanaan

### 3.2 Sampling Air Limbah

Limbah cair tenun Troso diambil dari tempat pewarnaan industri rumahan tenun yang berada di Desa Troso, Kecamatan Pecangaan, Kabupaten Jepara. Limbah cair yang disampling merupakan limbah hasil proses pewarnaan dan pencucian kain tenun. Sampel air limbah diambil menggunakan jirigen dengan kapasitas 20 L. karakteristik limbah tenun Desa Troso adalah konsentrasi warna sebesar 277,14 Pt-Co, COD (*Chemical Oxygen Demand*) sebesar 1008 mg/l, pH sebesar 10, TDS (*Total Dissolved Solids*) sebesar 6473 mg/l, DHL (Daya Hantar Listrik) sebesar 10,1 mS/cm dan suhu 27,6°C.



Gambar 2 Sampel Air Limbah

### 3.3 Identifikasi Bakteri

Metode identifikasi bakteri mengacu pada panduan morfologi bakteri (Reynolds, 2011). Identifikasi bakteri mendeskripsikan margin koloni, *chromatogenesis*, elevasi koloni, sifat bening koloni, permukaan koloni dan konsistensi dari koloni. Dari hasil identifikasi diperoleh beberapa koloni yang berbeda jenis dan perlu di purifikasi. Dari satu cawan isolat akan dipecah lagi menjadi beberapa cawan purifikasi sesuai jumlah bakteri yang teridentifikasi. Setelah dilakukan identifikasi morfologi, akan dilanjutkan dengan pewarnaan gram bakteri. Pewarnaan Gram dilakukan untuk mengelompokkan bakteri menjadi 2, yaitu bakteri Gram positif dan bakteri Gram negatif.

Pada pewarnaan Gram ini, reagen yang digunakan ada 4 jenis, yaitu kristal violet, iodine, alkohol dan safranin. Bakteri Gram positif akan mempertahankan warna ungu dari kristal violet sehingga ketika diamati mikroskop akan menunjukkan warna ungu sedangkan bakteri Gram negative tidak dapat mempertahankan warna ungu dari kristal violet tetapi zat warna safranin dapat terserap pada dinding sel sehingga akan memperlihatkan warna merah. (Pratita, 2012).

### 3.4 Kulturasasi Bakteri Endofit

Hasil dari identifikasi bakteri, selanjutnya dilakukan proses purifikasi untuk memisahkan bakteri yang diinginkan yang akan diujikan. berikut ini adalah sumber akar tanaman dan kode kultur bakteri.

Isolasi bakteri endofit dari akar tanaman mengacu pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Shehzadi et al. Tahapan isolasi bakteri endofit sebagai berikut:

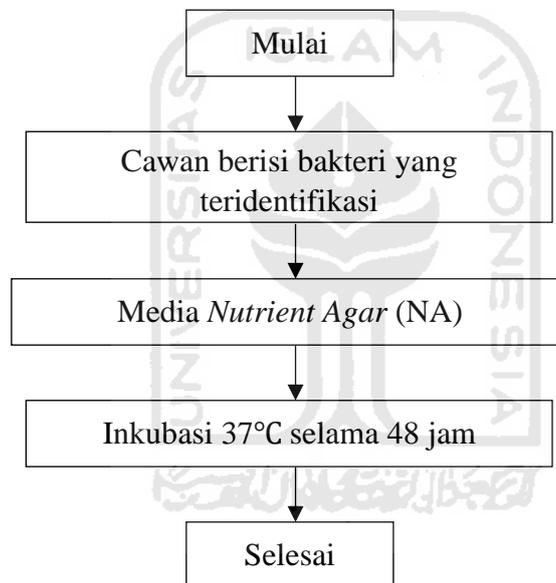
### 3.4.1 Pembuatan Media

Media yang digunakan terdiri dari media untuk menumbuhkan bakteri yaitu *Nutrient Agar* (NA), dan media *Nutrient Broth* (NB). *Nutrient agar* adalah medium pertumbuhan mikrobiologi umum digunakan untuk budidaya rutin non-pemilih bakteri. Hal ini berguna karena tetap solid bahkan pada suhu relatif tinggi. Juga, bakteri yang tumbuh di *nutrient agar* tumbuh di permukaan, dan jelas terlihat sebagai koloni kecil. Dalam *nutrient broth*, bakteri tumbuh dalam cairan, dan dipandang sebagai zat pekat (Agus, 1993).

Media untuk mengisolasi bakteri dibuat dengan campuran agar sebanyak 2% dari aquades yang digunakan. Pada cawan yang akan diisolasi bakteri digunakan media NA yang dituang sebanyak 10-15 mL, sedangkan pada proses kultur digunakan 20mL media NB yang akan dimasukkan kedalam *test tube* 50mL.

### 3.4.2 Kulturasasi Bakteri

Setelah media disiapkan, kemudian dilakukan isolasi bakteri (Shehzadi et al, 2016). Tahapan isolasi bakteri dapat dilihat pada Gambar 3.2.



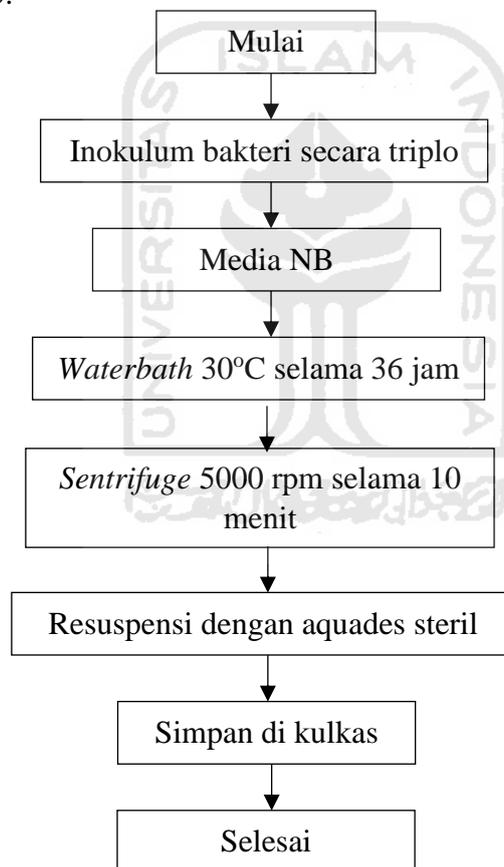
**Gambar 3** Tahapan Isolasi Bakteri

Setelah bakteri diinkubasi selama 48 jam, dilakukan pengamatan bakteri yang tumbuh dan memilih beberapa bakteri yang akan dikulturasasi. Setelah didapatkan bakteri *single colony* pada cawan, barulah isolat bakteri dipindahkan ke *test tube* 50 ml berisi media NB (*Nutrient Broth*).



**Gambar 4** Media NB berisi isolat bakteri

Bakteri yang tumbuh akan diperbanyak sebagai persediaan kultur bakteri yang akan diinokulasikan pada reaktor skala laboratorium. Tahapan kulturisasi bakteri dapat dilihat pada Gambar 3.3.



**Gambar 5** Tahapan Kulturisasi Bakteri



**Gambar 6** Proses *Waterbath* Bakteri

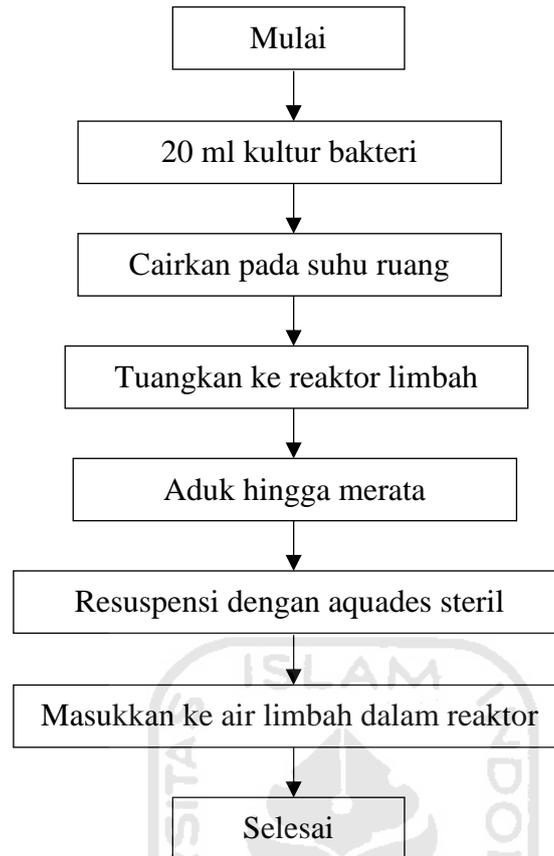
### **3.4 Pembuatan Reaktor Skala Laboratorium**

Dalam penelitian ini digunakan toples berukuran 800 mL sebagai reaktor yang akan diinokulasikan bakteri. Toples yang telah dicuci akan dimasukkan oven 105°C selama 1 jam. Setelah itu, toples akan dimasukkan 500 mL limbah dengan konsentrasi 100%, 75%, 50%, dan 25%. Tiap konsentrasi limbah akan diberi reaktor kontrol dengan komposisi yang sama.

Untuk konsentrasi limbah 100% berjumlah 500 mL limbah tanpa pengenceran, untuk limbah 75% ditambahkan air 125 mL dan limbah 375 mL, untuk limbah 50% limbah digunakan 250 mL dan air 250 mL, dan untuk limbah 25% limbah yang digunakan 125 mL dan ditambah air 375 mL. Komposisi tersebut merupakan komposisi untuk sebuah reaktor dengan kapasitas terisi 500 mL

### **3.5 Inokulasi Isolat Pada Reaktor**

Setelah proses kulturisasi, reaktor akan diinokulasi dengan bakteri. Hasil dari kulturisasi bakteri sebelumnya dipanen untuk diinokulasikan pada reaktor dan setiap reaktor diinokulasi dengan bakteri yang berbeda. Sebanyak 20 ml isolat bakteri akan dimasukkan kedalam reaktor toples berisi 500 ml limbah dengan konsentrasi 25%, 50%, 75% dan 100%. Dapat dilihat pada gambar 7 , langkah untuk inokulasi isolat bakteri adalah sebagai berikut:



**Gambar 7** Tahapan Inokulasi Bakteri

### 3.6 Pengujian Karakteristik Limbah

Karakteristik limbah cair tenun terdiri dari beberapa parameter yang diuji harian dan setiap kali sampling. Parameter harian yang diuji adalah EC, TDS, suhu, dan pH. Sedangkan untuk pengujian sampel setiap sampling yaitu parameter COD, TSS, logam dan warna. Sebelum reaktor limbah dimasukkan bakteri, akan dilakukan pengujian karakteristik awal limbah. Parameter yang digunakan mengacu pada Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Air Limbah. Metode pengukuran yang digunakan untuk setiap parameter yang akan diuji mengacu pada standar yang berlaku di Indonesia sebagaimana disajikan pada Tabel 3.1.

**Tabel 1** Jadwal Pengujian Parameter dan Sampling

Waktu	0	12 jam	24 jam	48 jam	72 jam	4 hari	5 hari	6 hari	7 hari
Pengujian COD, Warna, dan TSS	√		√		√				√

Sampling dilakukan sesuai jadwal diatas, limbah disampling sebanyak 50 mL pada masing-masing konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100%, lalu sampel disimpan pada *testtube* ukuran 50 mL dan dilakukan pengujian parameter Warna. Pengujian warna mengacu pada SNI (Standar Nasional Indonesia) yaitu SNI 6989.80:2011.

### 3.7 Analisis Data

Tingkat efisiensi dari bakteri endofit dalam mengolah limbah cair tenun dapat dianalisa dari persentase removal hasil pengujian parameter dan kondisi tanaman sebagai data pendukung. Data hasil pengujian diolah dalam bentuk grafik untuk melihat tren dari proses pengolahan. Hasil pengujian juga dapat dibandingkan dengan peraturan yang berlaku tentang baku mutu air limbah tekstil untuk menilai kelayakan bakteri dalam mengolah limbah.





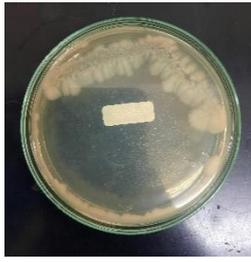
*“Halaman ini sengaja dokoosongkan”*

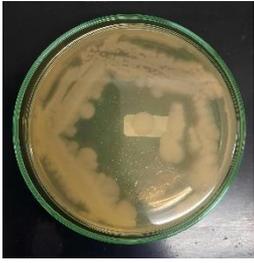
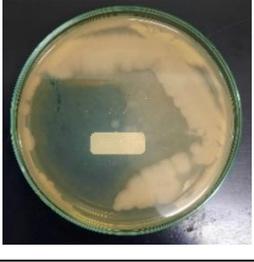
## BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Identifikasi Bakteri Endofit

Bakteri endofit diisolasi dari 4 sampel akar tanaman yang terkontaminasi limbah cair tenun di desa Troso. Tanaman yang diambil adalah padi (*Oryza sativa*), talas (*Colocasia esculenta*), rumput jariji (*Digitaria sanguinalis*), dan kremah air (*Alternanthera philoxeroides*). Setelah bakteri tumbuh, selanjutnya bakteri dikulturisasi untuk memperbanyak kultur bakteri dan bisa diinokulasikan pada reaktor untuk mendegradasi limbah cair tenun. Kultur bakteri yang diinokulasikan pada reaktor adalah kultur NA R1, NA R2, dan NA R3. Berikut ini adalah ciri-ciri morfologi bakteri yang dipilih untuk diinokulasikan pada tanaman:

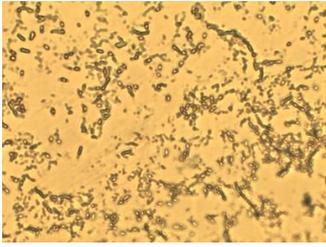
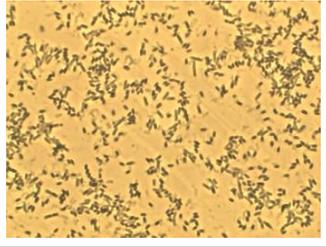
**Tabel 2** Hasil Identifikasi Bakteri Endofit

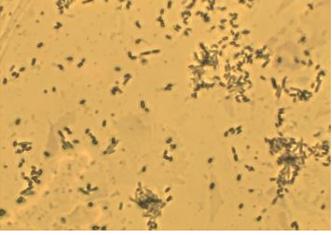
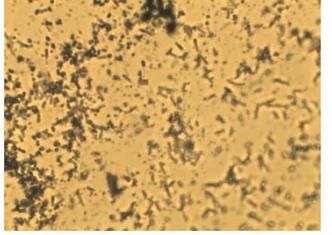
Kode	Gambar	Morfologi					
		<i>Shape</i>	<i>Chromogenesis</i>	<i>Elevation</i>	<i>Surface</i>	<i>Opacity</i>	<i>Consistency</i>
NA R2 A1		<i>Round</i>	<i>Light Yellow</i>	<i>Raised</i>	<i>Smooth</i>	<i>Opaque</i>	<i>Buttery</i>
NA R4 A1		<i>Irregular</i>	<i>White</i>	<i>Raised</i>	<i>Rough</i>	<i>Opaque</i>	<i>Viscid</i>
NA R1 B2		<i>Rhizoid</i>	<i>White</i>	<i>Flat</i>	<i>Smooth</i>	<i>Opaque</i>	<i>Viscid</i>

Kode	Gambar	Morfologi					
		Shape	Chromogenesis	Elevation	Surface	Opacity	Consistency
NA R2 C2 (1)		<i>Irregular</i>	<i>Light Brown</i>	<i>Raised</i>	<i>Rough</i>	<i>Opaque</i>	<i>Viscid</i>
NA R2 C2 (2)		<i>Irregular</i>	<i>Light Yellow</i>	<i>Flat</i>	<i>Rough</i>	<i>Transparent</i>	<i>Buttery</i>
NA R4 A2 (2)		<i>Rhizoid</i>	<i>White</i>	<i>Raised</i>	<i>Rough</i>	<i>Opaque</i>	<i>Buttery</i>

Setelah melakukan identifikasi morfologis bakteri, dilakukan pengecatan gram bakteri untuk menentukan gram positif atau negatif bakteri tersebut. Berikut hasil dari pengecatan gram bakteri yang telah dilakukan.

**Tabel 3** Hasil Identifikasi Bakteri Endofit

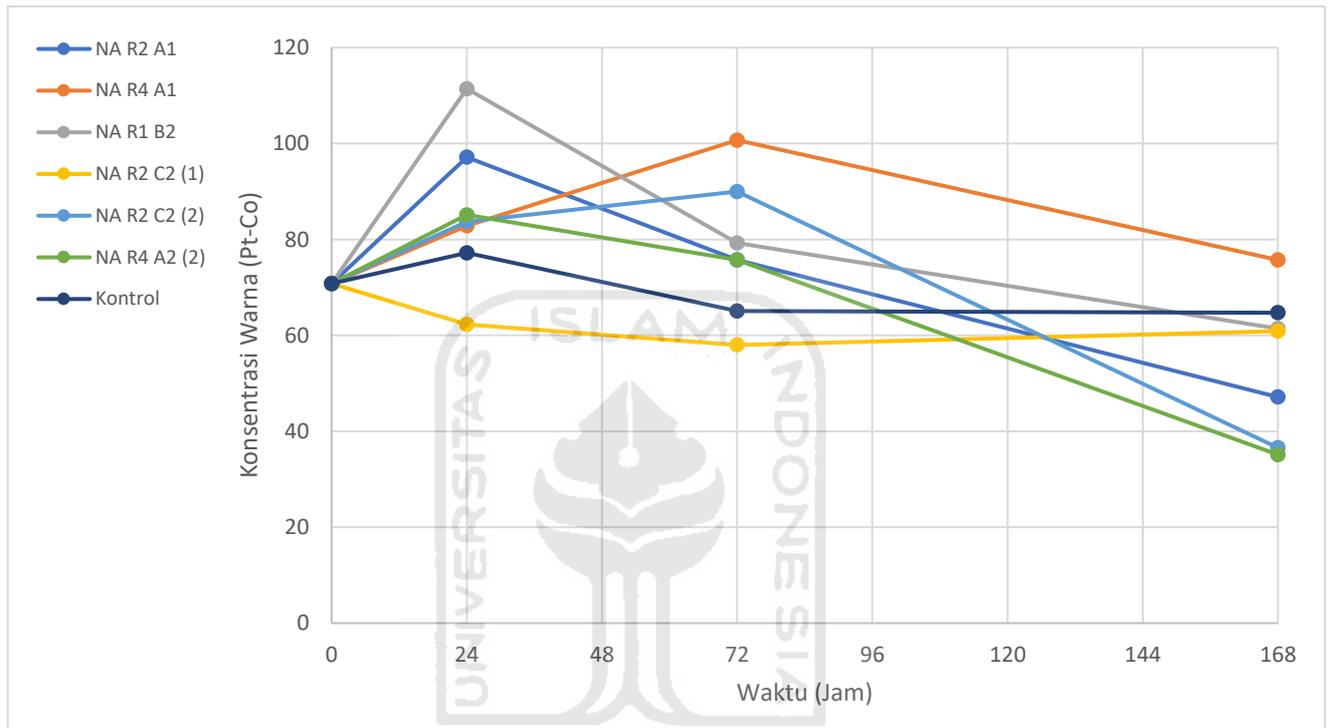
Kode	Gambar	Sifat Gram
NA R2 A1		Negatif
NA R4 A1		Negatif

Kode	Gambar	Sifat Gram
NA R1 B2		Negatif
NA R2 C2 (1)		Negatif
NA R2 C2 (2)		Negatif
NA R4 A2 (2)		Negatif

## 4.2 Kemampuan Penurunan Zat Warna

Pengolahan limbah cair tenun oleh reaktor dilakukan dengan waktu detensi selama 7 hari dengan sistem *batch*. Limbah yang diolah adalah limbah dengan konsentrasi 25%, 50%, 75%, dan 100% atau tanpa pengenceran. Reaktor skala lab dibuat sebanyak jumlah bakteri tiap *batch* ditambah kontrol untuk tiap konsentrasi limbah.

### 4.2.1 Konsentrasi Air Limbah 25%



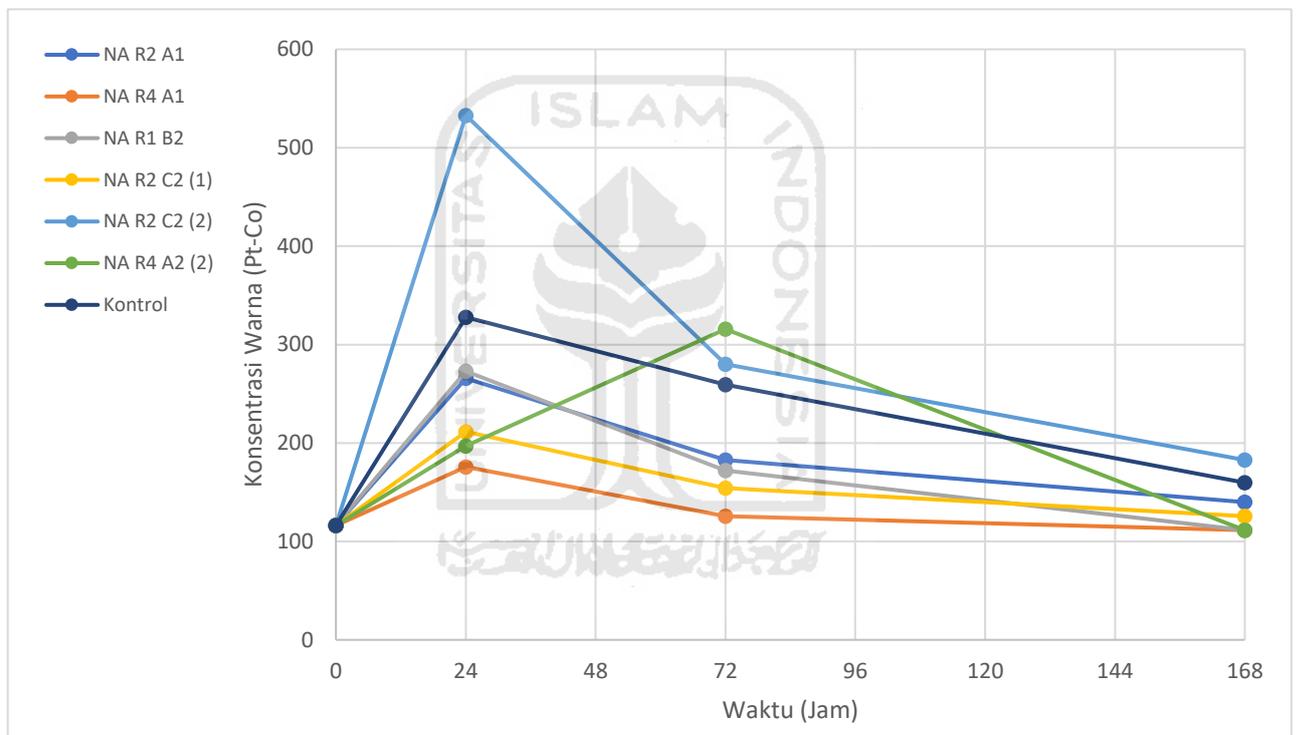
**Gambar 8** Pengujian Bakteri pada Konsentrasi 25%

Konsentrasi awal pada pengujian pada konsentrasi limbah 25% adalah sebesar 70,8 unit Pt-Co, diperoleh nilai yang fluktuatif dimana pada 24 jam pertama pengujian terjadi peningkatan konsentrasi pada hampir semua sampel bakteri dan kontrol. Sampel bakteri NAR2A1 mengalami peningkatan konsentrasi menjadi 97,14 unit Pt-Co, sampel NAR4A1 menjadi 82,86 unit Pt-Co, NAR1B2 menjadi 111,43 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(1) turun menjadi 62,29 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(2) naik menjadi 83,71 unit Pt-Co, dan sampel NAR4A2(2) naik menjadi 85,41 unit Pt-Co. Sementara untuk sampel kontrol juga mengalami peningkatan menjadi 77,22 unit Pt-Co. Sampel yang tidak mengalami peningkatan konsentrasi pada 24 jam adalah sampel NAR2C2(1). Pada pengujian 72 jam beberapa sampel mengalami penurunan dan beberapa juga kembali mengalami peningkatan. Untuk sampel NAR2A1 mengalami penurunan konsentrasi menjadi 75,71 unit Pt-Co, sampel NAR4A1 naik menjadi 100,71 unit Pt-Co, NAR1B2 turun menjadi 79,29 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(1) turun menjadi 58 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(2) naik menjadi 90 unit Pt-Co, dan sampel NAR4A2(2) turun menjadi 75,71 unit Pt-Co. Sampel kontrol juga mengalami penurunan konsentrasi menjadi 65,05 unit Pt-Co.

Pada pengujian sampel 168 jam, hampir seluruh sampel mengalami penurunan konsentrasi zat warna kecuali sampel NAR2C2(1). Sampel NAR2A1 konsentrasi warnanya turun menjadi 47,14 unit Pt-Co, sampel NAR4A1 juga turun menjadi 75,71 unit Pt-Co, sampel NAR1B2 konsentrasinya turun menjadi 61,43 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(1) kembali naik menjadi 60,86 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(2) menjadi 36,57 unit Pt-Co, dan sampel NAR2A2(2) turun menjadi 35,14 unit Pt-Co.

Pada konsentrasi limbah 25%, bakteri bekerja cukup baik dalam mendegradasi zat warna dalam limbah. Dengan konsentrasi awal sebesar 70,8 unit Pt-Co, hanya 1 bakteri yang konsentrasi akhirnya melebihi 70,8 unit Pt-Co yaitu sampel NAR4A1 yang konsentrasi akhirnya menjadi 75,71 unit Pt-Co. Nilai konsentrasi warna yang fluktuatif dapat disebabkan oleh metabolisme dari bakteri yang belum berjalan secara maksimal sehingga mengganggu proses dekolorisasi dari limbah tersebut, dan membuat konsentrasi warnanya naik.

#### 4.2.2 Konsentrasi Air Limbah 50%



**Gambar 9** Pengujian Bakteri pada Konsentrasi 50%

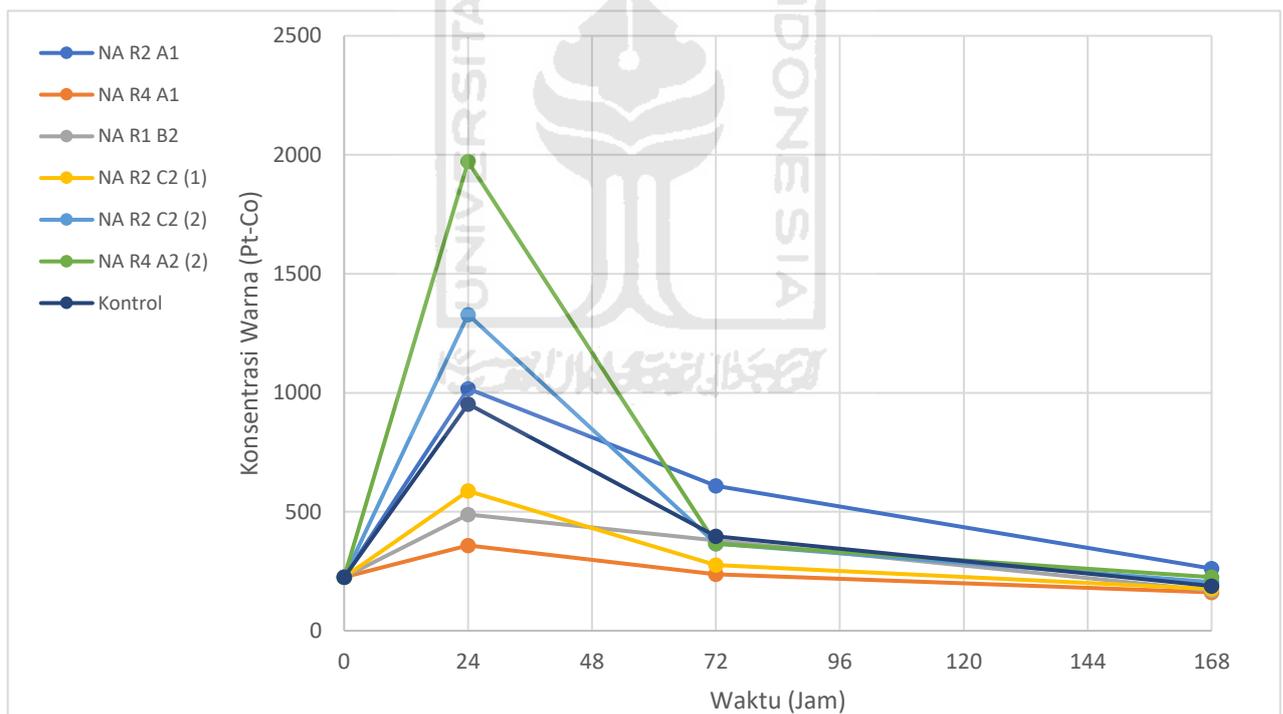
Seperti halnya pengujian pada konsentrasi limbah 25%, pada konsentrasi 50% juga diperoleh nilai yang fluktuatif dimana pada 24 jam pertama pengujian terjadi peningkatan konsentrasi pada semua sampel bakteri dan kontrol. Dengan konsentrasi awal sebesar 116,25 unit Pt-Co. Sampel bakteri NAR2A1 mengalami peningkatan konsentrasi menjadi 265,71 unit Pt-Co, sampel NAR4A1 menjadi 175,71 unit Pt-Co, NAR1B2 menjadi 272,86 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(1) menjadi 211,43 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(2) naik menjadi 532,86 unit Pt-Co, dan sampel NAR4A2(2) naik menjadi 197,14 unit Pt-Co. Sementara untuk sampel kontrol juga mengalami peningkatan menjadi 327,86 unit Pt-Co. Sampel NAR2C2(2) mengalami peningkatan konsentrasi paling besar pada pengujian sampel 24 jam.

Pada pengujian 72 jam sampel NAR2A1 mengalami penurunan konsentrasi menjadi 182,86 unit Pt-Co, sampel NAR4A1 menjadi 125,71 unit Pt-Co, NAR1B2 turun menjadi 172,14 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(1) turun menjadi 154,29 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(2) turun menjadi 280 unit Pt-Co, dan sampel NAR4A2(2) kembali naik menjadi 315,71 unit Pt-Co. Sampel kontrol juga mengalami penurunan konsentrasi menjadi 259,28 unit Pt-Co.

Pada pengujian sampel 168 jam, seluruh sampel mengalami penurunan konsentrasi zat warna. Sampel NAR2A1 konsentrasinya turun menjadi 140 unit Pt-Co, sampel NAR4A1 juga turun menjadi 111,43 unit Pt-Co, sampel NAR1B2 konsentrasinya turun menjadi 111,43 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(1) turun menjadi 125,71 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(2) menjadi 182,86 unit Pt-Co, dan sampel NAR2A2(2) turun menjadi 111,43 unit Pt-Co. Sampel kontrol konsentrasinya turun menjadi 159,64 unit Pt-Co.

Pada konsentrasi limbah 50%, bakteri tidak bekerja cukup baik dalam mendegradasi zat warna dalam limbah. Dengan konsentrasi awal sebesar 70,8 unit Pt-Co, hanya 3 bakteri yang berhasil menurunkan konsentrasi warna pada limbah diantaranya NAR4A1, NAR1B2, dan NAR4A2(2) dengan konsentrasi akhir yang sama sebesar 111,43 unit Pt-Co.

#### 4.2.3 Konsentrasi Air Limbah 75%



**Gambar 10** Pengujian Bakteri pada Konsentrasi 75%

Pada pengujian konsentrasi 75%, hasil yang diperoleh lebih baik dibanding pengujian pada konsentrasi 50%. Namun sama dengan pengujian pada konsentrasi 25% dan 50%, terjadi peningkatan konsentrasi warna pada 24 jam pertama pengujian. Dengan konsentrasi awal sebesar 225,29 unit Pt-Co, sampel bakteri NAR2A1 mengalami peningkatan konsentrasi menjadi 1017,14 unit Pt-Co, sampel NAR4A1 menjadi 358,57 unit Pt-Co, NAR1B2 menjadi 488,57 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(1) naik menjadi

587,14 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(2) naik menjadi 1328,57 unit Pt-Co, dan sampel NAR4A2(2) naik menjadi 1971,43 unit Pt-Co. Sementara untuk sampel kontrol juga mengalami peningkatan menjadi 952,86 unit Pt-Co. Sampel NAR4A2(2) mengalami peningkatan konsentrasi paling besar yaitu delapan kali lipat dari konsentrasi awal pada pengujian sampel 24 jam.

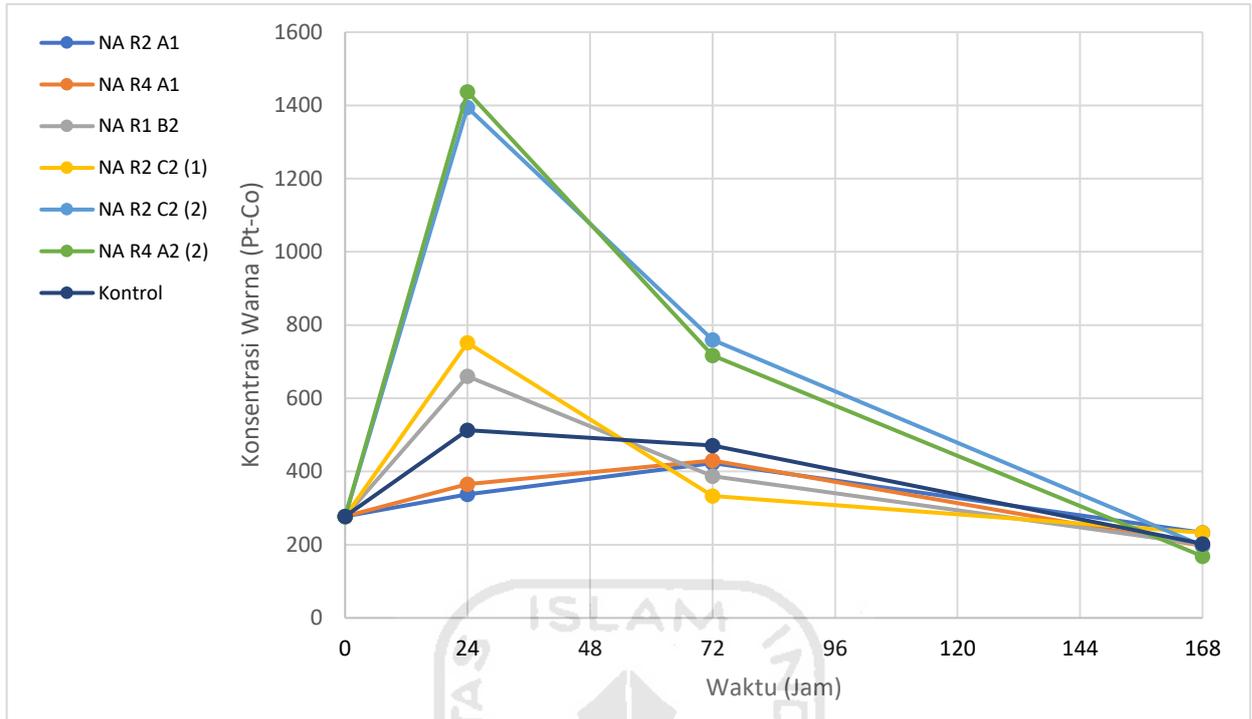
Pada pengujian 72 jam sampel NAR2A1 mengalami penurunan konsentrasi menjadi 608,57 unit Pt-Co, sampel NAR4A1 menjadi 237,14 unit Pt-Co, NAR1B2 turun menjadi 380 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(1) turun menjadi 275,71 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(2) turun menjadi 365,71 unit Pt-Co, dan sampel NAR4A2(2) turun menjadi 365,71 unit Pt-Co. Sampel kontrol juga mengalami penurunan konsentrasi menjadi 396,42 unit Pt-Co.

Pada pengujian sampel 168 jam, seluruh sampel mengalami penurunan konsentrasi zat warna. Sampel NAR2A1 konsentrasinya menjadi 261,43 unit Pt-Co, sampel NAR4A1 turun menjadi 161,43 unit Pt-Co, sampel NAR1B2 konsentrasinya turun menjadi 168,57 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(1) menjadi 175,71 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(2) turun menjadi 204,29 unit Pt-Co, sampel NAR2A2(2) turun menjadi 225,71 unit Pt-Co dan sampel kontrol konsentrasinya turun menjadi 188,21 unit Pt-Co.

Isolat bakteri NAR2A1 tidak mampu menurunkan konsentrasi zat warna dan konsentrasi akhirnya lebih tinggi dibanding konsentrasi awalnya. Isolat NAR4A1 mampu menurunkan konsentrasi warna sebanyak 63,86 Pt-Co. Isolat bakteri NAR1B2 juga dapat mereduksi konsentrasi warna sebesar 56,72 Pt-Co. Sampel NAR2C2(1) menurunkan konsentrasi warna sebesar 49,58 Pt-Co. Sementara sampel NAR2C2(2) hanya mampu menurunkan konsentrasi warna sebanyak 21 unit Pt-Co. Seperti isolat NAR2A1, isolat NAR4A2(2) juga tidak mampu menurunkan konsentrasi warna. Sampel kontrol juga mengalami penurunan konsentrasi sebanyak 37,08 unit Pt-Co.

Konsentrasi akhir terendah diperoleh sebesar 161,43 unit Pt-Co oleh sampel bakteri NAR4A1. Penurunan konsentrasi zat warna disebabkan oleh aktivitas metabolisme bakteri yang mengurai zat warna menjadi nutrisi. Sementara itu terdapat konsentrasi akhir yang melebihi konsentrasi awal dari sampel limbah 75% yaitu pada sampel NAR2A1 dan NAR4A2(2). Dapat dikatakan bahwa kedua bakteri kurang efektif dalam mereduksi zat warna pada air limbah konsentrasi 75%.

#### 4.2.4 Konsentrasi Air Limbah 100%



**Gambar 11** Pengujian Bakteri pada Konsentrasi 100%

Pada pengujian konsentrasi 100% seluruh sampel bakteri dapat mereduksi zat warna dalam air limbah. Kenaikan konsentrasi zat warna kembali terjadi pada pengujian 24 jam. Konsentrasi beberapa sampel juga kembali naik pada pengujian 72 jam. Dengan konsentrasi awal sebesar 277,14 unit Pt-Co, sampel bakteri NAR2A1 mengalami peningkatan konsentrasi menjadi 337,14 unit Pt-Co, sampel NAR4A1 menjadi 365,71 unit Pt-Co, NAR1B2 menjadi 660 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(1) menjadi 751,43 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(2) naik menjadi 1394,29 unit Pt-Co, dan sampel NAR4A2(2) naik menjadi 1437,14 unit Pt-Co. Sampel kontrol juga mengalami peningkatan menjadi 512,86 unit Pt-Co. Sampel NAR4A2(2) mengalami peningkatan konsentrasi paling besar yaitu delapan kali lipat dari konsentrasi awal pada pengujian sampel 24 jam.

Pada pengujian 72 jam konsentrasi zat warna pada sampel NAR2A1 kembali meningkat menjadi 422,86 unit Pt-Co, sampel NAR4A1 juga naik menjadi 430 unit Pt-Co, NAR1B2 turun menjadi 387,14 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(1) turun menjadi 332,86 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(2) turun menjadi 760 unit Pt-Co, dan sampel NAR4A2(2) turun menjadi 717,14 unit Pt-Co. Sampel kontrol juga mengalami penurunan konsentrasi menjadi 470,72 unit Pt-Co.

Pada pengujian sampel 168 jam, seluruh sampel mengalami penurunan konsentrasi zat warna. Sampel NAR2A1 konsentrasi warnanya menjadi 232,86 unit Pt-Co, sampel NAR4A1 turun menjadi 197,14 unit Pt-Co, sampel NAR1B2 konsentrasinya turun menjadi 200,71 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(1) menjadi 232,86 unit Pt-Co, sampel NAR2C2(2) turun menjadi 197,14 unit Pt-Co, sampel NAR2A2(2) turun menjadi 168,57 unit Pt-Co dan untuk sampel kontrol konsentrasinya turun menjadi 202,5 unit Pt-Co. Penurunan konsentrasi warna pada air limbah menunjukkan adanya kegiatan metabolisme bakteri dalam mengurai zat organik sehingga konsentrasi warnanya dapat menurun.

#### 4.2.5 Pengaruh Bakteri Endofit terhadap Perubahan Konsentrasi Zat Warna

Setelah dilakukan pengujian selama tujuh hari pada berbagai konsentrasi, beberapa isolat bakteri mampu menurunkan konsentrasi warna pada air limbah. Adapun isolat yang tidak mampu mereduksi zat warna pada air limbah, sehingga konsentrasi akhir zat warna menjadi lebih tinggi setelah pengujian. Dari berbagai konsentrasi yang diujikan, pengujian pada konsentrasi 25% memperoleh rata-rata removal tertinggi. Hal ini dikarenakan beban pengolahan yang tidak terlalu tinggi sehingga bakteri dapat dengan mudah mengolah zat organik dalam limbah tersebut. Yang menarik ialah pada konsentrasi limbah 100% tidak ada konsentrasi akhir zat warna yang meningkat. Seluruh bakteri berhasil mereduksi zat warna pada air limbah konsentrasi 100% dengan rata-rata removal sebesar 26%.

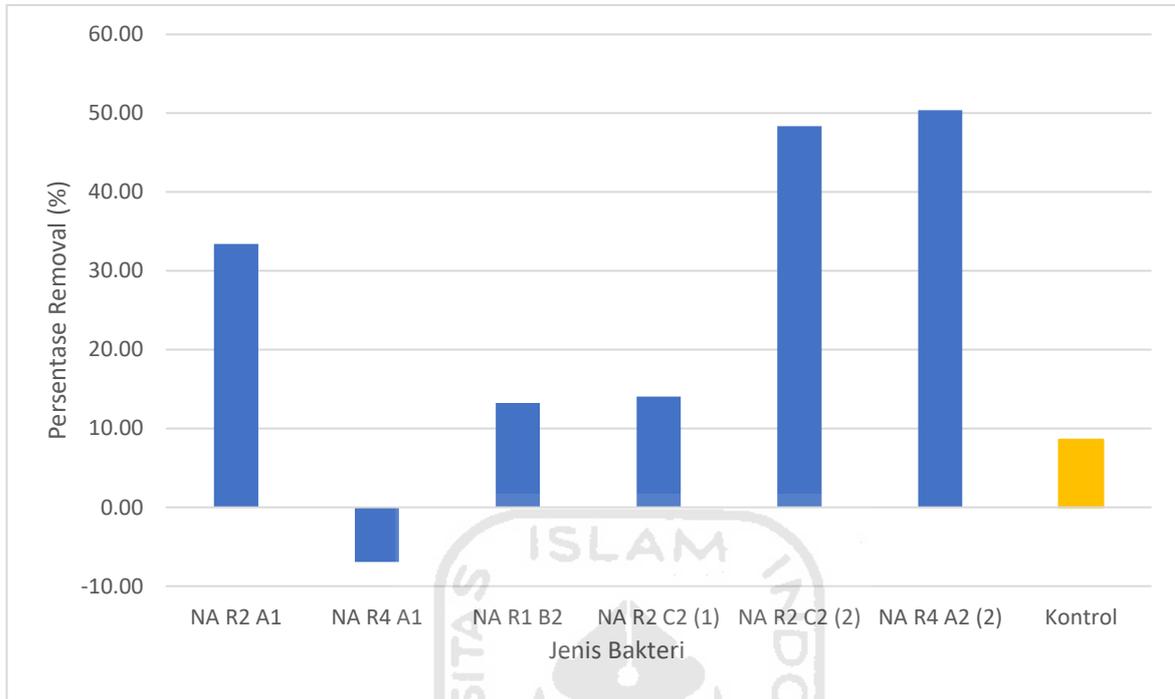
Pada 24 jam pertama pengujian, seluruh sampel mengalami kenaikan konsentrasi zat warna. Hal ini disebabkan oleh pertumbuhan bakteri yang berada pada fase eksponensial sehingga proses metabolisme yang menghasilkan enzim pengurai belum berjalan secara maksimal, dan saat pembacaan konsentrasi nilainya mengalami kenaikan. Setelah 24 jam pertumbuhan bakteri akan memasuki fase konstan dan proses metabolisme dapat berjalan dengan maksimal sehingga zat warna pada air limbah dapat direduksi dengan baik.

Diantara bakteri yang diujikan, terdapat bakteri yang paling efektif menurunkan konsentrasi zat warna pada air limbah. Isolat bakteri NAR4A2(2) merupakan bakteri endofit dengan kemampuan reduksi terbaik karena berhasil mereduksi konsentrasi zat warna sebanyak 50,36% pada konsentrasi limbah 25% dan pada konsentrasi 100% berhasil mereduksi zat warna sebesar 39,17%. Degradasi warna oleh bakteri endofit tergantung pada kompleksitas pewarna dan parameter tertentu yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri. Seperti yang terlihat dalam penelitian Neetha (2019), parameter seperti konsentrasi pewarna, ukuran inokulum dan konsentrasi sukrosa adalah tiga faktor utama yang mempengaruhi degradasi *DirectBlue-14*. Dalam penelitian yang dilakukan Cheng (2003), disebutkan bahwa alasan yang mungkin untuk penurunan degradasi zat warna, dapat disebabkan oleh penangkapan aktivitas metabolisme pada konsentrasi zat warna yang lebih tinggi. Hal ini memiliki kecocokan dengan penelitian ini dimana pada konsentrasi limbah 100%, seluruh isolat bakteri berhasil menurunkan konsentrasi zat warna dalam air limbah.

Dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Jiling Cao dalam jurnal *Decolorization and detoxification of Direct Blue 2B by indigenous bacterial consortium* (2019), dalam jurnalnya disebutkan bahwa efisiensi removal dari bakteri *indigenous* mencapai 96,9% dan rata-rata removal untuk berbagai jenis pewarna mencapai 86% menggunakan *YHK microbial*. Dalam percobaan lain yang dilakukan oleh Ito Tsukasa yang berjudul *Potential use of bacteria collected from human hands for textile dyedecolorization* (2018), dijelaskan bahwa dengan memanfaatkan isolasi bakteri dari tangan manusia mampu mereduksi zat warna pada limbah dengan efisiensi removal hingga 40%.

### 4.3 Efisiensi *Removal* pada Pengolahan

#### 4.3.1 Konsentrasi Air Limbah 25%



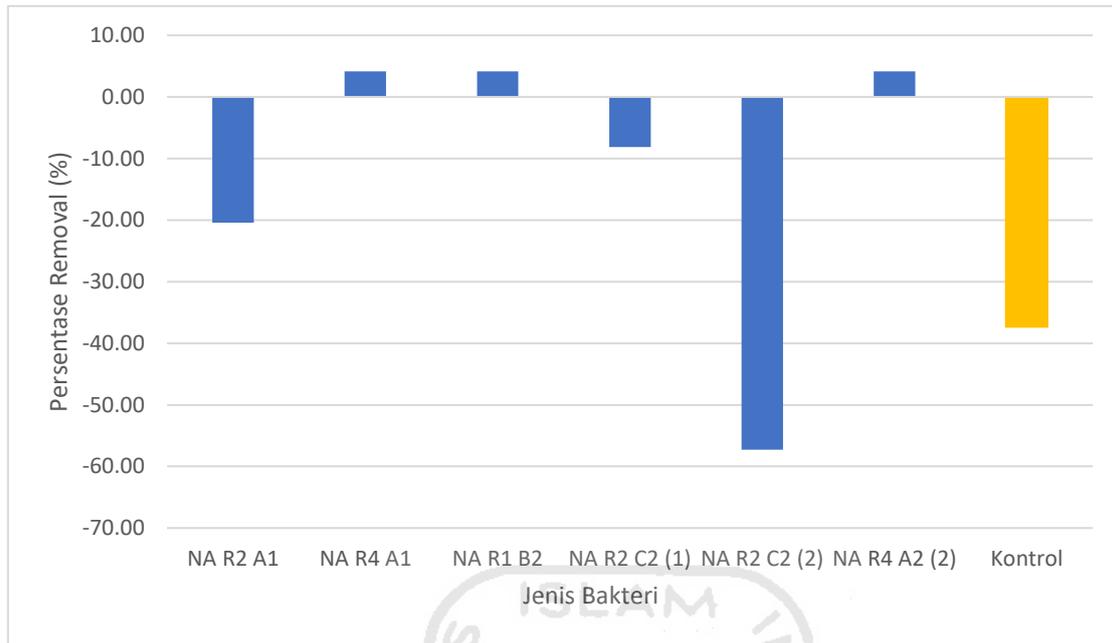
**Gambar 12** Efisiensi *Removal* pada Konsentrasi 25%

Efisiensi bakteri dan kontrol dapat dilihat pada gambar diatas. Adapun beberapa bakteri yang efektif mengurai zat warna pada konsentrasi ini antara lain NAR2A1 dengan efisiensi removal sebesar 33,41%, NAR2C2(2) dengan efisiensi removal sebesar 48,35%, dan NAR4A2(2) dengan efisiensi removal sebesar 50,36%.

Berdasarkan tabel diatas, sampel NAR4A2(2) menjadi yang paling efektif dalam mereduksi zat warna pada air limbah konsentrasi 25% dengan konsentrasi akhir sebesar 35,14 unit Pt-Co. Sedangkan sampel dengan bakteri NAR4A1 kurang efektif dalam mereduksi zat warna dalam air limbah karena konsentrasi akhir yang diperoleh lebih tinggi dibandingkan konsentrasi awal limbah. Sampel kontrol yang tidak diinokulasikan bakteri hanya mampu mereduksi zat warna sebesar 8,59%.

Meskipun sempat mengalami kenaikan konsentrasi zat warna pada pengujian 24 jam, konsentrasi akhir hampir seluruh sampel bakteri mendapat lebih rendah dibanding konsentrasi awalnya. Dapat dikatakan pengolahan pada konsentrasi limbah 25% berjalan dengan baik dan kebanyakan bakteri yang diinokulasikan mampu mereduksi zat warna pada air limbah. Pengolahan pada konsentrasi 25% mendapatkan nilai rata-rata removal tertinggi dibanding pengolahan pada konsnetrasi lainnya dikarenakan beban pengolahan yang tidak terlalu tinggi sehingga bakteri dapat dengan mudah mereduksi zat warna pada air limbah.

### 4.3.2 Konsentrasi Air Limbah 50%

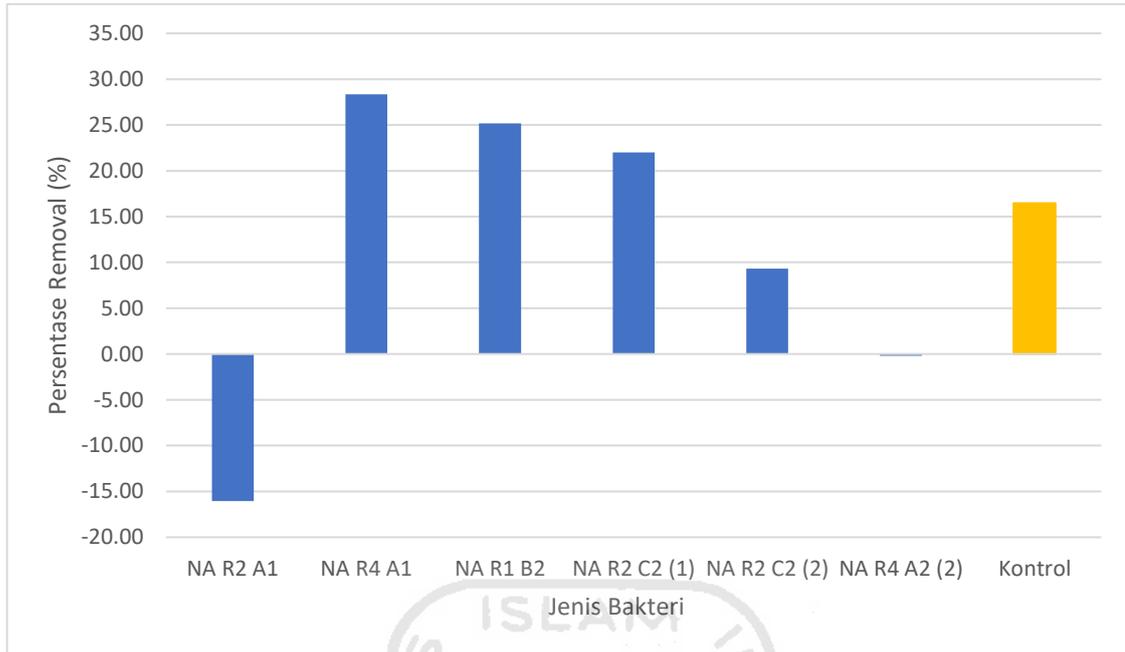


**Gambar 13** Efisiensi *Removal* pada Konsentrasi 50%

Efisiensi removal bakteri pada konsentrasi 50% tidak sebaik pada pengolahan konsentrasi 25% karena hanya 3 bakteri yang efisiensinya removalnya tidak minus. Beberapa sampel yang berhasil mereduksi zat warna antara lain NAR4A1, NAR1B2, dan NAR4A1(2). Ketiga sampel tersebut memperoleh nilai efisiensi yang sama yaitu 4,15%. Sementara sampel bakteri lain tidak dapat menurunkan konsentrasi zat warna pada limbah. Sampel bakteri NAR2C2(2) memiliki nilai efisiensi removal -57,3% dan menjadi yang terendah pada pengujian ini.

Sampel bakteri NAR2C2(2) yang pada konsentrasi limbah 25% mampu mereduksi zat warna sebanyak 48,35% tidak mampu mereduksi zat warna pada konsentrasi 50%. Sampel NAR4A2(2) yang sangat baik dalam pengolahan konsentrasi 25% juga hanya mampu mereduksi zat warna sebesar 4,15% pada konsentrasi 50%. Dapat dikatakan bahwa bakteri yang digunakan dalam pengolahan konsentrasi limbah 50% tidak efektif dalam mereduksi zat warna, karena bakteri yang dapat mereduksi zat warna efisiensinya removalnya hanya 4,15% dan kebanyakan sampel memiliki efisiensi removal minus.

### 4.3.3 Konsentrasi Air Limbah 75%



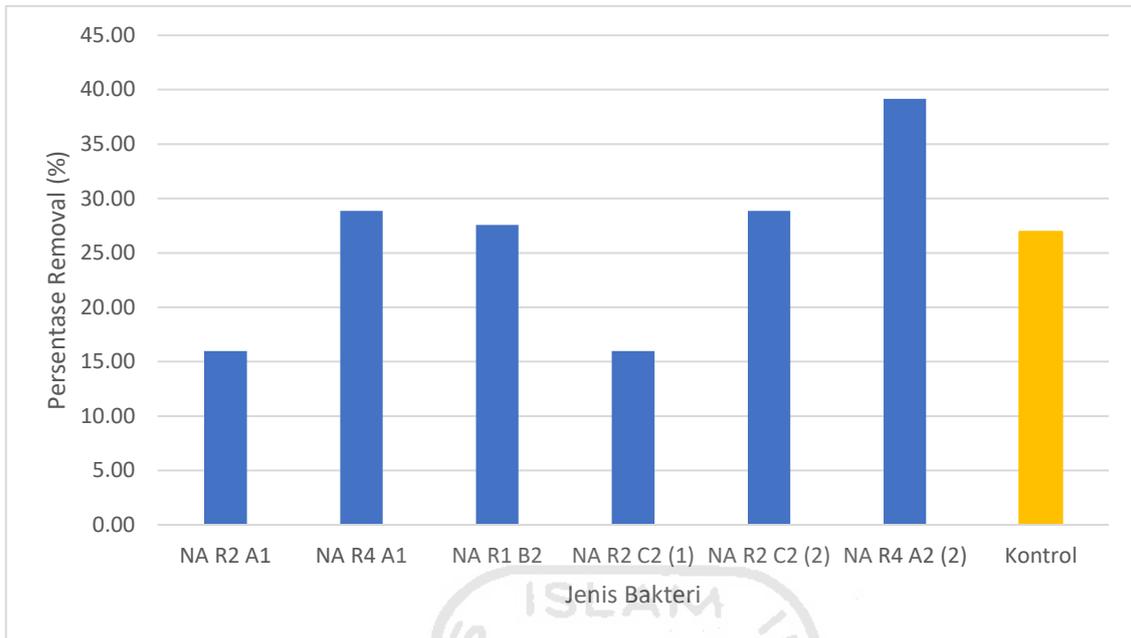
**Gambar 14** Efisiensi *Removal* pada Konsentrasi 75%

Dari pengujian dengan enam bakteri, hanya dua bakteri yang mendapat hasil dengan efisiensi minus yaitu NAR2A1 dan NAR4A2(2). Sampel NAR2A1 memiliki nilai removal sebesar -16,04% dan sampel NAR4A2(2) removalnya sebesar -0,19%. Efisiensi pengolahan pada konsentrasi 75% cukup baik dengan removal tertinggi sebesar 28,35% pada sampel NAR4A, dan tertinggi kedua sebesar 25,18% pada sampel NAR1B2. Sampel NAR2C2(2) juga memiliki efisiensi removal yang cukup baik yaitu 22,01%.

Dapat dilihat bahwa sampel yang pada pengujian 24 jam konsentrasi zat warnanya meningkat pesat, konsentrasi akhirnya tidak sebaik sampel lainnya yang peningkatannya tidak terlalu besar. Contohnya sampel NAR4A2(2) yang peningkatannya hingga delapan kali lipat, efisiensi removalnya menjadi minus. Begitu pula dengan sampel NAR2C2(2) yang peningkatannya enam kali lipat, removalnya tidak sebaik sampel bakteri lainnya.

Pengujian pada konsentrasi 75% berjalan cukup baik meski persentase removal yang didapat tidak sebesar pengolahan konsentrasi 25%, mengingat bahwa beban yang diolah lebih besar dibanding konsentrasi 25%. Namun jika dibandingkan dengan pengujian pada konsentrasi 50%, removal yang didapatkan jauh lebih tinggi. Isolat bakteri NAR2C2(2) mendapatkan hasil minus 57,3% pada konsentrasi 50%, sementara pada konsentrasi 75% removalnya meningkat menjadi 9%. Isolat NAR2C2(1) yang pada konsentrasi 50% juga mendapat hasil minus, pada konsentrasi 75% removalnya menjadi 22%. Hal ini dapat disebabkan oleh kemampuan yang berbeda-beda dari tiap bakteri yang digunakan. Tiap bakteri memiliki karakteristik tersendiri dan dapat memengaruhi aktivitas bakteri itu dalam mereduksi zat warna pada air limbah.

#### 4.3.4 Konsentrasi Air Limbah 100%



**Gambar 15** Efisiensi *Removal* pada Konsentrasi 100%

Efisiensi removal pada konsentrasi 100% cukup baik dengan rata-rata removal sebesar 25%. Efisiensi removal tertinggi didapat oleh sampel NAR4A2(2) sebesar 39,17%, removal tertinggi kedua didapat oleh sampel NAR4A1 dan NAR2C2(2) dengan nilai yang sama yaitu 28,87%. Sampel NAR4A2(2) yang efektif mereduksi zat warna pada konsentrasi limbah 25% ternyata juga efektif dalam mereduksi zat warna pada konsentrasi 100%. Pada pengolahan konsentrasi 100% ini, sampel kontrol juga mampu menurunkan konsentrasi zat warna dengan cukup baik. Removal pada sampel kontrol adalah sebesar 26,93%. Nilai tersebut merupakan removal terbesar dibandingkan dengan removal sampel kontrol pada konsentrasi limbah lainnya.

Pada konsentrasi limbah 100%, beberapa bakteri yang pada konsentrasi 50% dan 75% tidak mampu mereduksi zat warna menjadi lebih efektif dalam mereduksi zat warna dalam air limbah. Contohnya isolat bakteri NAR2A1, NAR2C2(2), dan NAR4A2(2). Ketiga bakteri tersebut kurang mampu mereduksi zat warna pada konsentrasi 50% dan 75% bahkan terdapat nilai removal minus dari ketiga bakteri tersebut. Namun, bakteri NAR4A2(2) menjadi bakteri dengan removal tertinggi pada pengolahan konsentrasi limbah 25% dan 100%

Pengolahan pada konsentrasi 100% berjalan dengan baik karena seluruh sampel dapat mereduksi konsentrasi zat warna dalam air limbah. Sampel NAR2C2(2) yang pada pengujian konsentrasi 50% tidak mampu mereduksi zat warna, menjadi sampel yang dapat mereduksi zat warna dengan removal sebesar 28,87%. Jika pada konsentrasi lainnya terdapat sampel dengan efisiensi minus, pada konsentrasi limbah 100% seluruh sampel konsentrasi akhirnya menjadi lebih rendah dibanding konsentrasi awal limbah sebesar 277,14 unit Pt-Co.

### 4.3 Pengaruh Variasi Beban Limbah terhadap Kinerja Bakteri

Tabel 4 Efisiensi *Removal* Bakteri Endofit

No	Bakteri	Efisiensi Removal (%)			
		25%	50%	75%	100%
1	NA R2 A1	33.41	-20.43	-16.04	15.98
2	NA R4 A1	-6.94	4.15	28.35	28.87
3	NA R1 B2	13.24	4.15	25.18	27.58
4	NA R2 C2 (1)	14.04	-8.14	22.01	15.98
5	NA R2 C2 (2)	48.35	-57.30	9.32	28.87
6	NA R4 A2 (2)	50.36	4.15	-0.19	39.17
7	Kontrol	8.59	-37.32	16.46	26.93

Berdasarkan percobaan yang telah dilakukan, ditemukan beberapa bakteri yang cukup berpengaruh dalam menurunkan konsentrasi zat warna pada air limbah. Beberapa bakteri juga ditemukan tidak efektif dalam menurunkan konsentrasi zat warna. Pada tabel diatas terlihat bahwa beberapa bakteri dapat menurunkan konsentrasi zat warna pada konsentrasi tertentu saja dan pada konsentrasi lain, bakteri tersebut menjadi tidak efektif dalam pengolahan. Contohnya bakteri NAR2A1 yang mampu mendegradasi zat warna pada konsentrasi 25% dan 100% namun tidak efektif pada konsentrasi 50% dan 75%. Bakteri yang mampu mendegradasi zat warna pada semua konsentrasi limbah hanyalah NAR1B2.

Menurut penelitian yang dilakukan Chen (2005), enzim aerobik azoreductase sebagai enzim yang diinduksi membutuhkan mediator aredox untuk berfungsi. Demikian juga zat warna azo yang bertindak sebagai substrat dan merangsang induksi enzim ini. Aktivitas enzim ini secara ekstensif diperiksa dalam bakteri pendegradasi azo untuk menjelaskan mekanisme degradasi azo. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Cao (2019), disebutkan bahwa daya dekolonisasi oleh konsorsium bakteri *indigenous* YHK dipengaruhi oleh temperatur, konsentrasi awal zat warna, pH, dan salinitas. Dalam pengujian yang dilakukannya, meningkatkan suhu dari 25°C menjadi 35°C meningkatkan laju dekolonisasi *directblue-2* oleh konsorsium bakteri YHK. Dalam penelitiannya juga disebutkan bahwa meningkatkan pH juga akan meningkatkan laju dekolonisasi oleh bakteri. Laju dekolonisasi maksimum diperoleh pada temperatur 35-40°C dan pH antara 7,5 – 9,5.

Jika penurunan konsentrasi warna disebabkan oleh metabolisme bakteri dalam mengurai zat organik. Pada penelitian ini juga terdapat kenaikan konsentrasi pada pengujian warna 24 jam. Kenaikan dapat disebabkan oleh aktifitas metabolisme bakteri yang tidak sempurna sehingga konsentrasi warna yang terbaca mengalami peningkatan. Selain aktifitas metabolisme bakteri, kenaikan juga dapat disebabkan oleh kegiatan sampling yang kurang teliti sehingga pembacaan konsentrasi kurang akurat.

Pada konsentrasi 25% bakteri yang paling efektif mendegradasi zat warna adalah NA R4A2(2) dengan removal sebesar 50,36%. Untuk konsentrasi 50% hampir seluruh bakteri tidak berhasil mendegradasi zat warna, dan removal dari bakteri yang diuji sangat kecil yaitu hanya 4,15%. Pada konsentrasi 75% bakteri yang paling efektif adalah NAR4A1 dengan removal sebesar 28,35% dan untuk konsentrasi 100% bakteri NAR4A2(2) menjadi yang paling efektif dengan removal sebesar 39,17%.

**Tabel 5** Nilai OD Bakteri Uji

No	Bakteri	Absorbansi
1	NA R2 A1	1.843
2	NA R4 A1	1.453
3	NA R1 B2	0.5
4	NA R2 C2 (1)	1.907
5	NA R2 C2 (2)	0.5
6	NA R4 A2 (2)	1.235

Nilai OD menunjukkan densitas dari bakteri tersebut dimana semakin tinggi nilai OD, semakin banyak pula koloni yang terdapat didalamnya. Dalam penelitian ini, nilai OD dari bakteri harus mencapai 0,5 sebelum diinokulasikan kedalam rektor limbah. Nilai OD yang tinggi secara tidak langsung dapat mereduksi zat warna lebih baik dibanding bakteri dengan OD rendah. Nilai OD tertinggi didapat oleh bakteri NAR2A1 sementara itu, NAR2A1 tidak terlalu baik dalam mereduksi zat warna pada air limbah konsentrasi 50% dan 75%. Justru bakteri NAR4A2(2) lah yang menjadi bakteri paling baik dalam mereduksi zat warna.

Jika dibandingkan dengan baku mutu air limbah tekstil dalam Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 16 tahun 2019 dimana baku mutu warna pada limbah tekstil adalah 200 Pt-Co, dan pada penelitian ini beberapa bakteri telah berhasil menurunkan konsentrasi zat warna di bawah baku mutu yang ditetapkan. Hasil penelitian sebelumnya jika dibandingkan dengan penelitian ini memang lebih efektif dalam mereduksi konsentrasi zat warna. Beberapa penelitian menggunakan pengolahan tahap kedua menggunakan metode wetland, sehingga efisiensi removal yang diperoleh bisa mencapai angka 80 hingga 90 persen. Tetapi penelitian ini hanya menginjeksikan bakteri langsung ke dalam air limbah sehingga tidak seefektif pengolahan dengan metode wetland.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Isolat Bakteri Endofit NAR2A1, NAR4A1, NAR1B2, NAR2C2(1), NAR2C2(2), dan NAR4A2(2) diperoleh dari hasil isolasi akar tanaman yang terkontaminasi limbah tenun di area saluran irigasi di Desa Troso, Kecamatan Pecangaan, Jepara.
2. Daya degradasi zat warna oleh bakteri endofit dengan efisiensi removal paling tinggi didapat oleh bakteri NAR4A2(2) pada konsentrasi 25% yaitu sebesar 50,36%, diikuti oleh bakteri NAR2C2(2) pada konsentrasi 25% sebesar 48,35%, selanjutnya bakteri NAR4A2(2) pada konsentrasi 100% sebesar 39,17%. Bakteri NAR4A2(2) merupakan bakteri yang paling efektif dalam mereduksi zat warna dalam air limbah karena nilai removalnya yang paling tinggi pada konsentrasi 25% dan 100%

#### **5.2 Saran**

Penulis juga memiliki beberapa saran dan harapan untuk pengembangan penelitian ini selanjutnya antara lain :

1. Menyempurnakan pengolahan limbah tenun dengan mengaplikasikan pengolahan menggunakan metode wetland sehingga diperoleh hasil pengolahan yang lebih baik.
2. Meneliti lebih lanjut jenis dari bakteri yang akan diinokulasi kedalam reaktor, juga meneliti masa hidup dari bakteri yang dimasukkan kedalam reaktor, agar mengetahui faktor-faktor penurunan zat warna.
3. Meneliti kemampuan bakteri dalam mendegradasi warna-warna tertentu, sehingga penelitian lebih tepat sasaran.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## DAFTAR PUSTAKA

- Agus Syahrurachman, dkk. 1993. *Buku Ajar Mikrobiologi Kedokteran*, Jakarta : Binarupa Aksara.
- Atmaji , P., W, Purwanto dan E.P, Pramono. 1999. *Daur Ulang Limbah Hasil Perwarnaan Tekstil*. Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia. Vol I No.4: pp. 3-15. Direktorat Teknologi Agroindustri. Bpp Tekkhnologi, Jakarta.
- Backman, P.A. and Sikora, R.A. 2008. *Endophytes: An Emerging Tool for Biological Control*. Biological Control, 46, 1-3.
- Di Fiori S and M Del Gallo. 1995. *Endophytic bacteria: their possible role in the host plant*. In: *Azospirillum VI and Related Microorganisms*. I Fendrik, M Del Gallo, J Vanderleyden and M de Zamaroczy (Eds.). Springer-Verlag, Berlin.
- Cao J., Sangandayo E., Liu W., Zhang W., Liu Y. 2019. *Decolorization and detoxification of Direct Blue 2B by indigenous bacterial consortium*. Journal of Environmental Management 242 (2019) 229–237230
- Chen H., Hopper S., Cerniglia C. 2005. *Biochemical and molecular characterization of an azoreductase from Staphylococcus aureus, a tetrameric NADPH-dependent flavoprotein*. Microbiology, 151 (2005), pp. 1433-1441
- Cheng K.C. 2003. *Decolorization of azo dye using PVA-immobilized microorganisms*. J. Biotechnol., 101 (3) (2003), pp. 241-252, 10.1016/S0168-1656(02)00362-0
- Fatima, K., Imran, A., Amin, I., Khan, M., & Afzal, M. 2016. *Plant Species affect colonization patterns and metabolic activity of associated endophytes during phytoremediation of crude oil-contaminated soil*. Environmental Science and Pollution Research. 23, 6188-6196 (2016).
- Gadd, G.M. 1992. *Metal Tolerance Initiating Microbiology of Extreme Environment*. University Press, Milton Keynes.
- Kivaisi, A.K., 2001. *The potential for constructed wetlands for wastewater treatment and reuse in developing countries: a review*. Ecological Engineering 16, 545e 560.
- Jutono. 1980. *Pedoman Praktikum Mikrobiologi Umum*. Departemen Mikrobiologi Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta
- Moraes, G., Moraes, F.D., Figueredo, J.S.L., Rossi, P.A., & Venturini, F.P. 2015. *Acute toxicity and sublethal effects of phenol on hematological parameters of channel catfish *Ictalurus punctatus* and pacu *Piaractus mesopotamicus**. J. Ecotoxicol. Environ. Contam. 10(1): 31-36.
- Neetha J.N., Sandesh K., Girish K., Chidananda B., Ujwal P. 2019. *Optimization of Direct Blue-14 dye degradation by *Bacillus fermus*(Kx898362) an alkaliphilic plant*

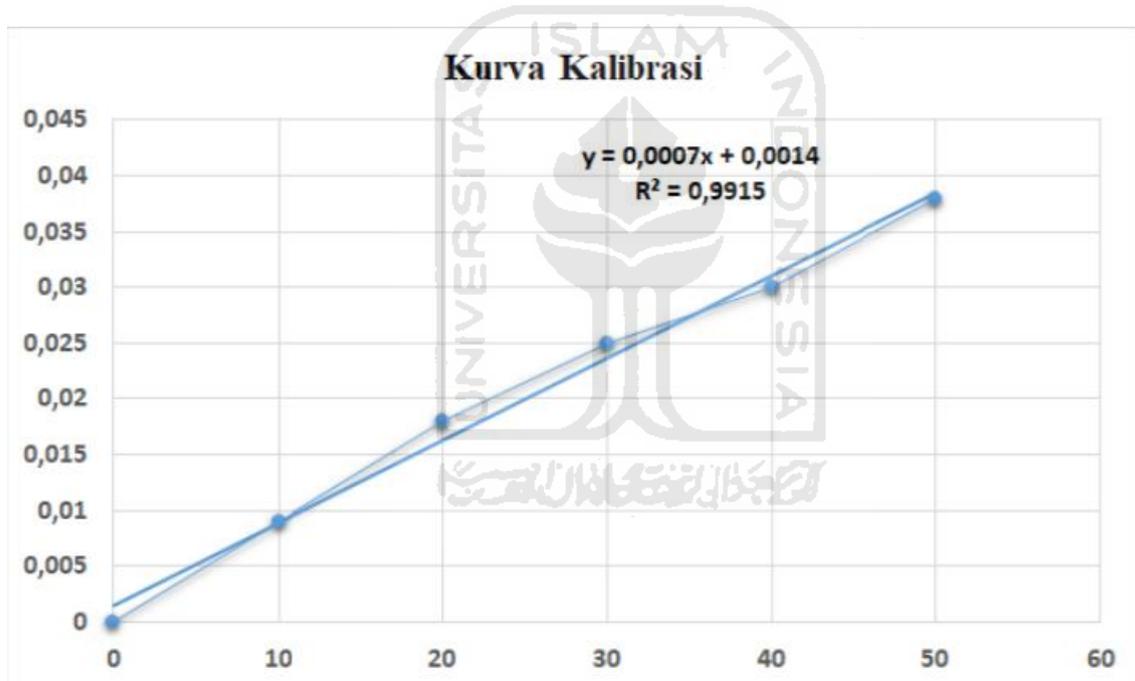
*endophyte and assessment of degradedmetabolite toxicity*. Journal of Hazardous Materials 364 (2019) 742–751743.

- Purnamasari, R. S. 2001. *Pengaruh Penggunaan Faktor-Faktor Produksi Terhadap Jumlah dan Debit Serta aspek Finansian Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil*. Skripsi Tidak Dipublikasikan. Jurusan Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian Fakultas Pertanian IPB, Bogor
- Pratita, Maria Yuli E., Surya Rosa P., 2012 , *Isolasi dan Identifikasi Bakteri Termofilik Dari Sumber Mata Air Panas Di Songgoriti Setelah Dua Hari Inkubasi*, Jurnal Teknik Pomits, Vol. 1, No. 1.
- Reynolds J. 2011. *Bacterial Colony Morphology*. Richland College, Texas.
- Stolp H., Starr, M. P. 1981, *Principle of Isolation, Cultivation, and Conservation of Bacteria. The Prokaryots*, pp. 135-175. Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Sullia, S. B. 2000. *Fungal Diversity and Bioremediation*. Departemen of Microbiology & Biotechnology. Bangalore University, Bangalore
- Tesar et al., 2002. *Bacterial rhizosphere populations of black poplar and herbal plants to be used for phytoremediation of diesel fuel*. *Soil Biol. Biochem.*, 34 (2002), pp. 1883-1892
- Varadarajan, R., Sankar, H., Jose, J., & Philip, B. 2014. *Sublethal effects of phenolic compounds on biochemical, histological and ionoregulatory parameters in a tropical teleost fish Oreochromis mossambicus (Peters)*. *Int. J. Sci. Res. Publications* 4(3): 1-12
- Wasiyanto. 2004. *Pengendalian Pencemaran Lingkungan Hidup pada Industri Tenun Ikat di Desa Troso Kecamatan Pecangaan Kabupaten Jepara*. Tesis. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Widyantoro, B., K.I.K, Jati., T, Setiadi dan I.G, Wanten. 2000. *Sistem Bioreaktor Membran Aerob Untuk Pengolahan Limbah Cair Industri Tekstil*. Seminar Nasional Rekayasa dan Proses. Jurusan Teknik Kimia ITB, Bandung.
- Wisnuprpto., E, Kardena dan W, Artha. 1999. *Penyisihan Zat Warna Azo Ciro-16 dalam Modifikasi Proses Kontak-Stabilisasi Menggunakan Limbah Cair Industri Tempe*. *Jurnal Biosains*. Vol. IV. No. 1. PPAU Bioteknologi dan Teknik Lingkungan ITB, Bandung

## LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Kalibrasi Larutan Standar Warna

Standar	Warna (Unit Pt.Co) (X)	Absorbansi (Y)	XY	X <sup>2</sup>
Standar 1	0	0	0	0
Standar 2	10	0.009	0.09	100
Standar 3	20	0.018	0.36	400
Standar 4	30	0.025	0.75	900
Standar 5	40	0.03	1.2	1600
Standar 6	50	0.038	1.9	2500
Total	150	0.12	4.3	5500



**Lampiran 2 Hasil PerhitunganWarna pada Konsentrasi Limbah 25%**

No	Bakteri	Waktu (Jam)	Abs 1	Abs 2	C (mg/l)	fp	Warna
1	NA R2 A1	24	0.015	0.015	19.43	5	97.14
		72	0.012	0.012	15.14	5	75.71
		168	0.008	0.008	9.43	5	47.14
2	NA R4 A1	24	0.013	0.013	16.57	5	82.86
		72	0.015	0.016	20.14	5	100.71
		168	0.012	0.012	15.14	5	75.71
3	NA R1 B2	24	0.017	0.017	22.29	5	111.43
		72	0.012	0.013	15.86	5	79.29
		168	0.01	0.01	12.29	5	61.43
4	NA R2 C2 (1)	24	0.045	0.045	62.29	1	62.29
		72	0.042	0.042	58.00	1	58.00
		168	0.044	0.044	60.86	1	60.86
5	NA R2 C2 (2)	24	0.06	0.06	83.71	1	83.71
		72	0.014	0.014	18.00	5	90.00
		168	0.027	0.027	36.57	1	36.57
6	NA R4 A2 (2)	24	0.061	0.061	85.14	1	85.14
		72	0.012	0.012	15.14	5	75.71
		168	0.026	0.026	35.14	1	35.14

Warna, unit Pt – Co =  $C \times fp$

$C$  = nilai yang didapat dari kurva kalibrasi, dinyatakan dalam unit Pt – Co

$fp$  = faktor pengenceran

**Lampiran 3 Hasil PerhitunganWarna pada Konsentrasi Limbah 50%**

No	Bakteri	Waktu (Jam)	Abs 1	Abs 2	C (mg/l)	fp	Warna
1	NA R2 A2	24	0.02	0.02	26.57	10	265.71
		72	0.027	0.027	36.57	5	182.86
		168	0.021	0.021	28.00	5	140.00
2	NA R4 A1	24	0.026	0.026	35.14	5	175.71
		72	0.019	0.019	25.14	5	125.71
		168	0.017	0.017	22.29	5	111.43
3	NA R1 B2	24	0.021	0.02	27.29	10	272.86
		72	0.025	0.026	34.43	5	172.14
		168	0.017	0.017	22.29	5	111.43
4	NA R2 C2 (1)	24	0.031	0.031	42.29	5	211.43
		72	0.023	0.023	30.86	5	154.29
		168	0.019	0.019	25.14	5	125.71
5	NA R2 C2 (2)	24	0.076	0.076	106.57	5	532.86
		72	0.021	0.021	28.00	10	280.00
		168	0.027	0.027	36.57	5	182.86
6	NA R4 A2 (2)	24	0.029	0.029	39.43	5	197.14
		72	0.023	0.024	31.57	10	315.71
		168	0.017	0.017	22.29	5	111.43

Warna, unit Pt - Co =  $C \times fp$

$C$  = nilai yang didapat dari kurva kalibrasi, dinyatakan dalam unit Pt - Co

$fp$  = faktor pengenceran

**Lampiran 4 Hasil PerhitunganWarna pada Konsentrasi Limbah 75%**

No	Bakteri	Waktu (Jam)	Abs 1	Abs 2	C (mg/l)	fp	Warna
1	NA R2 A1	24	0.037	0.037	50.86	20	1017.14
		72	0.044	0.044	60.86	10	608.57
		168	0.022	0.022	29.43	10	294.29
2	NA R4 A1	24	0.027	0.026	35.86	10	358.57
		72	0.018	0.018	23.71	10	237.14
		168	0.025	0.025	33.71	5	168.57
3	NA R1 B2	24	0.019	0.018	24.43	20	488.57
		72	0.028	0.028	38.00	10	380.00
		168	0.025	0.025	33.71	5	168.57
4	NA R2 C2 (1)	24	0.043	0.042	58.71	10	587.14
		72	0.04	0.04	55.14	5	275.71
		168	0.026	0.026	35.14	5	175.71
5	NA R2 C2 (2)	24	0.02	0.02	26.57	50	1328.57
		72	0.027	0.027	36.57	10	365.71
		168	0.03	0.03	40.86	5	204.29
6	NA R4 A2 (2)	24	0.029	0.029	39.43	50	1971.43
		72	0.027	0.027	36.57	10	365.71
		168	0.033	0.033	45.14	5	225.71

Warna, unit Pt – Co =  $C \times fp$

$C$  = nilai yang didapat dari kurva kalibrasi, dinyatakan dalam unit Pt – Co

$fp$  = faktor pengenceran

**Lampiran 5 Hasil PerhitunganWarna pada Konsentrasi Limbah 100%**

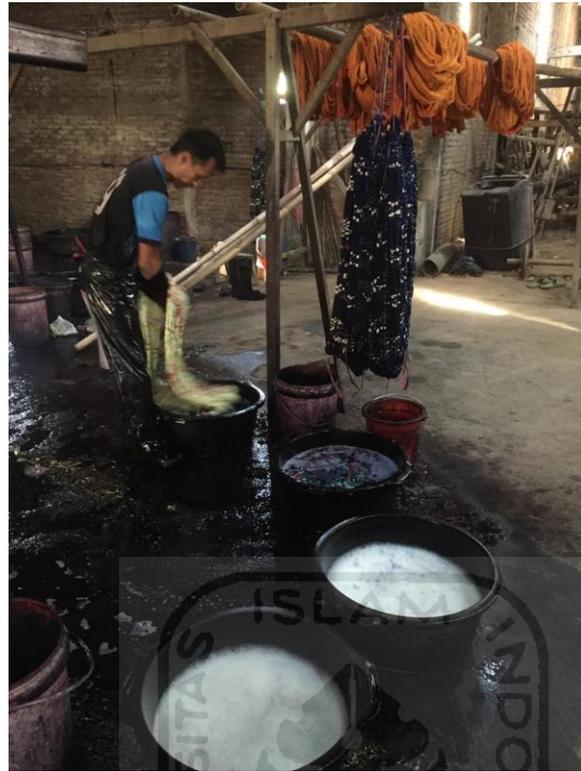
No	Bakteri	Waktu (Jam)	Abs 1	Abs 2	C (mg/l)	fp	Warna
1	NA R2 A1	24	0.025	0.025	33.71	10	337.14
		72	0.031	0.031	42.29	10	422.86
		168	0.034	0.034	46.57	5	232.86
2	NA R4 A1	24	0.027	0.027	36.57	10	365.71
		72	0.031	0.032	43.00	10	430.00
		168	0.029	0.03	40.14	5	200.71
3	NA R1 B2	24	0.024	0.025	33.00	20	660.00
		72	0.029	0.028	38.71	10	387.14
		168	0.029	0.03	40.14	5	200.71
4	NA R2 C2 (1)	24	0.054	0.054	75.14	10	751.43
		72	0.048	0.048	66.57	5	332.86
		168	0.034	0.034	46.57	5	232.86
5	NA R2 C2 (2)	24	0.099	0.099	139.43	10	1394.29
		72	0.028	0.028	38.00	20	760.00
		168	0.029	0.029	39.43	5	197.14
6	NA R4 A2 (2)	24	0.102	0.102	143.71	10	1437.14
		72	0.026	0.027	35.86	20	717.14
		168	0.025	0.025	33.71	5	168.57

Warna, unit Pt – Co =  $C \times fp$

$C$  = nilai yang didapat dari kurva kalibrasi, dinyatakan dalam unit Pt – Co

$fp$  = faktor pengenceran

**Lampiran 6 Dokumentasi Sampling**



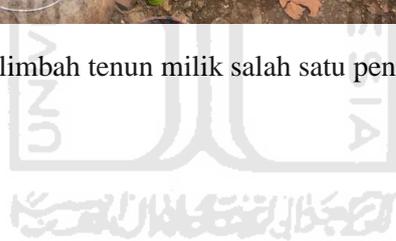
Proses pewarnaan pada kain tenun



Kondisi sungai di Desa Troso



Pengambilan limbah tenun milik salah satu pengrajin



*“Halaman ini sengaja dokoongkan”*



## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kota Jambi pada tanggal 7 Mei tahun 2000 dan merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis merupakan anak dari pasangan Teguh Wiyono dan Wahyuningsih. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 47 Kota Jambi selama 5 tahun dari 2006 hingga 2011, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 7 Kota Jambi selama 2 tahun dari tahun 2011 hingga 2013. Penulis menempuh pendidikan SMA di SMA Negeri 1 Kota Jambi pada 2013 hingga 2016. Pada 2016, penulis melanjutkan pendidikannya di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.

Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam mengikuti kegiatan kepanitiaan dan organisasi kampus. Organisasi yang pernah diikuti penulis ialah menjadi staf informasi dan komunikasi HMTL 2018/2019. Pada bulan Februari hingga Maret 2019, penulis menjalani kerja praktik di PT.Pertamina Persero RU II, dengan topik “Pelaksanaan Keselamatan dan Kesehatan Kerja ditinjau dari *Higiene Industry*. Untuk menyelesaikan pendidikan strata 1 di jurusan Teknik Lingkungan, penulis melakukan penelitian dengan judul “ Efektivitas Bakteri Endofit dalam Mereduksi Zat Warna pada Limbah Tenun”.

